

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Exatas

Henrique Franco Greenhalgh

**MODELATOM: UM JOGO COMO RECURSO DIDÁTICO INCLUSIVO PARA
ENSINO DA TEORIA ATÔMICA**

Belo Horizonte
2025

Henrique Franco Greenhalgh

**MODELATOM: UM JOGO COMO RECURSO DIDÁTICO INCLUSIVO PARA
ENSINO DA TEORIA ATÔMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química da
Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial para o grau de
licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Nilma Soares da
Silva

Belo Horizonte

2025

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Minas Gerais, do estudante Henrique Franco Greenhalgh, nº de registro 2022037027.

O Trabalho de Conclusão de Curso do estudante **Henrique Franco Greenhalgh**, intitulado **MODELATOM: Um jogo como recurso didático inclusivo para ensino da teoria atômica** foi avaliado e aprovado pela Banca Examinadora constituída pela Profa. Nilma Soares da Silva (FaE - UFMG), orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso, Profa. Roberta Guimarães Corrêa (DQ - UFMG) e Profa. Luciana Paula de Assis no dia 02 de dezembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 NILMA SOARES DA SILVA
Data: 06/12/2025 22:17:08 (GMT)
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Profa. Nilma Soares da Silva

Documento assinado digitalmente
 ROBERTA GUIMARÃES CORREIA
Data: 06/12/2025 18:37:13 (GMT)
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Profa. Roberta Guimarães Corrêa

Documento assinado digitalmente
 LUCIANA PAULA DE ASSIS
Data: 06/12/2025 16:35:49 (GMT)
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Profa. Luciana Paula de Assis

Dario
Windmoller:40403696
020

Assinado de forma digital por
Dario Windmoller:40403696020
Data: 2025.11.25 14:20:20
-03'00'

Prof. Dario Windmüller

Coordenador do Colegiado dos Cursos de Graduação em Química e Química Tecnológica
ICEx - UFMG

Dedico este trabalho à minha bisavó,
Jamile, que sempre acreditou em mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha mãe, por todos os desafios que ela teve que passar para garantir minha segurança e meu futuro acadêmico. Mesmo errando muito no caminho e machucando a nós dois nesse processo, sou grato por ter finalmente me escutado e por entender quem eu sou de verdade. Ainda há muito caminho pela frente, é claro, e sei que talvez nunca seja uma relação perfeita, mas sou grato por seu esforço em tentar. Por todos os livros de escola usados que você passava horas apagando para eu poder usar, por todas as idas e vindas da escola que você ia comigo sob o sol, por todas as vezes que você cantou para mim quando tive medo, meu muito obrigado.

À minha bisavó, por sempre ter me incentivado a seguir meus estudos e a lutar por mim, serei eternamente grato. Se não fossem suas brincadeiras, seu jeito alegre, seu carinho por mim e seu constante apoio, minha vida poderia ter sido tão diferente. Saiba que aquele menino quietinho que você deixava te maquiar escondido cresceu, e com ele os sonhos. Não consigo imaginar uma vida sem você, e por isso cumpro minha promessa... Vovó, eu consegui!

Ao meu irmão, peço primeiramente desculpas por durante muito tempo não ter sido o melhor dos irmãos. Sei que poderia ter feito mais, mas espero que um dia entenda meus motivos para as coisas terem sido como foram. Hoje, tudo que faço é pensando em você, em te dar uma vida melhor do que a que eu tive. Por isso, te agradeço. Por ter me dado uma segunda chance, mesmo não merecendo, e por ter me salvado, mesmo que eu tenha demorado a perceber isso. Te amo, maninho.

Sou grato aos meus dois tios. Ao Gabriel, agradeço por ter me feito companhia por tantos anos e sinto muito por termos tido tantos problemas. Não foi fácil entender que eu iria crescer e você não, e acho que sinto falta do tempo que eu brincava com você. Afinal, crescemos como irmãos. Ao tio Rafael, agradeço por seu apoio e incentivo. Nunca me esqueci de quando você tentou me explicar a gravidade na casa da vovó e explicou exatamente o contrário. Naquele momento, entendi que quando você me recompensava por tirar boas notas não era só porque você estava tentando ser bonzinho, mas porque queria me incentivar a trilhar um caminho melhor do que o que você tomou.

À mãe Jane, agradeço por ter sido uma segunda mãe quando precisei. Ainda lembro de você ter dançado a quadrilha comigo no ensino fundamental I quando ninguém mais quis. Espero que um dia suas crenças não sejam mais um obstáculo para você aceitar quem eu sou.

Agradeço, enormemente, a todos os meus amigos, por quem tenho muita admiração. Graças a o que quer que seja que coordena o universo, pude encontrar os melhores amigos que alguém poderia ter, e que lutaram por mim até quando nem mesmo eu queria mais lutar. Mesmo com todos os meus defeitos, nunca me deixaram na mão, e sem eles não acredito que teria chegado tão longe. Foi graças a vocês que aprendi o valor da amizade, que pude me aceitar de verdade, que pude me abrir quando não aguentava mais a dor, que pude ter acesso a coisas que jamais teria, que pude chegar onde estou, que pude me tornar alguém melhor, que pude me conhecer melhor, e que pude ser feliz. Jamais vou poder retribuir o que fizeram por aquele garoto assustado, mas espero um dia ser tão bom para vocês quanto foram para mim.

Meus agradecimentos à professora doutora Nilma Soares da Silva, por ter aceitado orientar meu trabalho e por ter contribuído enormemente com este projeto. Um obrigado também à professora doutora Monique, por ter sido de grande ajuda e apoio ao longo da disciplina de TCC I e TCC II.

Agradeço também a todo o pessoal do Projeto Incluir-Ciência e do Labmaker do CEFET-MG, por terem sido tão solícitos em me ajudar na execução desta proposta, e por todos os conselhos que me deram.

A todas essas pessoas, meu mais profundo obrigado.

E, finalmente, agradeço a mim mesmo, por ter sobrevivido a tudo que passei. Entre noites que passei aos prantos, injustiças que aguentei calado, ataques de pânico que lidei sozinho e todas as dificuldades que me atingiram, me considero um sobrevivente. Talvez eu nunca me recupere totalmente das coisas que sofri, mas gostando ou não, elas são parte de quem sou hoje. Por continuar lutando mesmo quando não havia mais forças ou motivos para seguir, agradeço a mim por não ter desistido.

“Siga em frente” (ANDERSON, Stephen J.; **A FAMÍLIA DO FUTURO**, 2007).

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso visa descrever o desenvolvimento de um jogo que rompe com a lógica sequencial com a qual a teoria atômica tem sido abordada no ensino, de modo a desconstruir a ideia de que existe um modelo certo para o átomo. Objetiva-se também que o jogo explore diferentes sentidos para promover uma prática inclusiva entre estudantes cegos e videntes. Esta proposta vai ao encontro de referenciais que apontam que o ensino de modelos atômicos em livros tem sido comumente realizado apenas como uma sequência linear, na qual um modelo desbanca o anterior, pressuposto como errado e portanto abandonado. Essa perspectiva não somente contribui para um entendimento errôneo sobre a construção de modelos científicos, como distancia o estudante de um olhar da ciência como algo em constante reconstrução. Além disso, adotamos o pressuposto de se utilizar, em processos de aprendizagem, recursos que explorem mais de um sentido humano, pois assim o cérebro é capaz de recolher mais informações acerca de um fenômeno ou objeto e fornecer uma análise mais completa. A metodologia deste Trabalho consiste em quatro etapas: confecção do jogo, produção do manual, produção do material do professor e validação dos materiais desenvolvidos. A primeira etapa se deu por meio de uma parceria com o Projeto Incluir-Ciência e seus colaboradores, que não apenas forneceram os equipamentos e materiais necessários, como também foram fontes de orientação durante o planejamento do recurso e sua efetivação. A segunda e terceira etapas deram sequência à primeira, logo após a finalização do jogo e do referencial teórico adotado neste Trabalho, para orientação aos professores que quiserem se valer desse recurso. A última etapa representa a conclusão do Trabalho, de modo que a qualidade dos recursos de acessibilidade e inclusão foram avaliados por pessoas cegas. Assim, constatou-se que as tecnologias assistivas foram bem selecionadas e desenvolvidas, permitindo aos estudantes cegos e videntes uma boa interação com o recurso, em par de igualdade. Pode-se concluir que o jogo proposto não apenas logra em seus objetivos de ser uma via alternativa para ensinar modelos atômicos ludicamente, como também representa um passo adiante no caminho da inclusão de pessoas com deficiência visual na ciência.

Palavras-chave: multissensorial; inclusão; jogo educacional; modelos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arquivo virtual do tabuleiro central.....	50
Figura 2: Arquivo virtual do tabuleiro de Dalton.....	50
Figura 3: Arquivo virtual do tabuleiro de Thomson.....	50
Figura 4: Arquivo virtual do tabuleiro de Rutherford.....	51
Figura 5: Arquivo virtual do tabuleiro de Bohr.....	51
Figura 6: Arquivo virtual da camada de baixo do tabuleiro de Bohr.....	52
Figura 7: Arquivo virtual da camada de baixo do tabuleiro central.....	52
Figura 8: Tabuleiro central finalizado.....	55
Figura 9: Tabuleiro de Dalton finalizado.....	55
Figura 10: Tabuleiro de Thomson finalizado.....	55
Figura 11: Tabuleiro de Rutherford finalizado.....	56
Figura 12: Tabuleiro de Bohr finalizado.....	56
Figura 13: Verso do QR code do tabuleiro de Thomson.....	56
Figura 14: Cartas de ação e de defesa.....	58
Figura 15: Peças coletáveis do jogo.....	58
Figura 16: Página 3 do manual do jogo.....	59
Figura 17: Página 5 do manual do jogo.....	59
Figura 18: Página 7 do manual do jogo, com descrição em braille das cartas.....	59
Figura 19: Página 5 do material de apoio ao professor.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros empregados na máquina de corte e gravação a laser..... 49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARG	Alternate Reality Game
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CRMG	Currículo Referência de Minas Gerais
EJA	Educação de Jovens e Adultos
HFC	História e Filosofia da Ciência
RPG	Role-Playing Game
ScieELO	Scientific Electronic Library Online
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
2. Revisão de literatura.....	17
2.1 Trabalhos sobre modelos atômicos e deficiência visual.....	17
2.2 Trabalhos sobre jogos e modelos atômicos.....	20
2.3 Trabalhos sobre jogos e deficiência visual.....	23
2.4 Trabalhos sobre jogos, modelos atômicos e deficiência visual.....	26
3. Referencial teórico.....	28
3.1 Pressupostos da ação mediada.....	28
3.2 Elaboração de modelos científicos.....	30
3.3 Utilização de jogos em contextos de ensino e aprendizagem.....	31
3.4 Acesso, Acessibilidade, Inclusão e Multissensorialidade.....	37
4. Metodologia.....	46
5. Resultados e discussão.....	55
6. Considerações finais.....	65
7. Referências bibliográficas.....	67
8. Apêndice A - Manual do jogo.....	70
9. Apêndice B - Material do professor.....	75
10. Apêndice C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	81

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa de Chaves, Santos e Carneiro (2014), demonstra que os livros didáticos analisados pelos autores apresentam uma visão cumulativa, linear e sequencial da história dos modelos atômicos, o que pode prejudicar o entendimento dos estudantes da Ciência como algo complexo e em constante reconstrução. Isso está em concordância com a pesquisa de Prado e Trentin (2020) na qual, em 10 anos de bibliografia coletada, somente sete trabalhos sobre teoria atômica que articulavam conceitos de História e Filosofia da Ciência (HFC) foram encontrados, demonstrando quão pouco essa perspectiva vem sendo implementada em sala de aula.

À luz dessas ideias discutidas, implementar metodologias de ensino que visem problematizar a construção de modelos científicos contextualizadas historicamente é algo importante de ser considerado, conforme afirmam Melo e Neto (2013). Isso porque, dessa maneira, interessa-se que os estudantes compreendam que não existem múltiplas formas de se interpretar um mesmo fenômeno, e por isso não é correto dizer que existe uma forma correta de representá-lo.

Outro ponto que requer atenção é o modo como os jogos têm sido empregados pedagogicamente. Segundo Rezende e Soares (2019), as sequências didáticas analisadas em grande parte utilizam os jogos apenas como um meio de revisão de conceitos de aulas passadas, como se sua função fosse a de preencher as lacunas causadas por um conhecimento pautado na memorização do conteúdo. Assim, o jogo pode perder a possibilidade de ser algo a mais, pois enquanto conceitos passados são revisados, não há novas ideias sendo construídas durante sua execução.

Algo também muito importante de ser destacado são os benefícios que uma didática multissensorial pode produzir em sala de aula. Conforme explicitado na obra de Soler (1999), o processo de observação, por exemplo, pode se valer de todos os cinco sentidos, não somente a visão. E quanto mais sentidos forem empregados nesse processo, mais rico será o entendimento do objeto em análise. Isso porque, assim como num quebra cabeça, o cérebro recebe informações de cada sentido individualmente e, os organizando em conjunto, é capaz de formular um panorama mais completo da situação.

Essas premissas vão ao encontro do que Silva e Pereira (2023) apontam em seu trabalho, que consiste em um estudo bibliográfico de trabalhos produzidos entre os anos de 2010 e 2020. Dos 171 documentos encontrados na pesquisa relacionados à temática de modelos atômicos e acessibilidade a pessoas com deficiência visual, apenas 17 foram mantidos como dados a serem caracterizados. Entre as obras analisadas estão incluídos artigos científicos, dissertações, teses, trabalhos de conclusão de curso e trabalhos publicados em eventos científicos. Com o objetivo de reconhecer e investigar essas produções, constatou-se que todas fizeram uso de recursos didáticos multissensoriais, feitos a partir de materiais de baixo custo e, conforme denotado pelos autores:

Nossos resultados também mostraram que os recursos didáticos precisam explorar os diversos sentidos do seu público-alvo, sendo necessário o conhecimento das necessidades e das capacidades do sujeito para o qual o material se destina (Silva; Pereira, 2023, p. 17).

Entretanto, os autores também explicitam que é necessário se atentar para que os recursos didáticos produzidos sejam problematizados para que eles não sejam produtores de obstáculos epistemológicos, que podem levar os estudantes ao aprendizado de conceitos errôneos.

Em um panorama mais amplo, Silva e Catão (2025) realizaram um estudo bibliográfico relativo aos trabalhos presentes no portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que discutem ensino de química e deficiência visual. Utilizando os descritores “Ensino de Química” e “Cegos”, somente cinco publicações foram encontradas. Com o intuito de expandir a busca, o descritor “Ensino de Química” foi alterado para “Ensino de Ciências”, resultando em vinte e três trabalhos encontrados. Após o uso de filtragem de produções em português, revisadas por pares e que são categorizadas como artigos, o total de publicações reduziu para dez. Essas dez obras foram agrupadas em quatro diferentes categorias: 3 em trabalhos que discutem as dificuldades para o ensino das pessoas cegas, 3 em trabalhos que analisam as percepções que docentes formados ou em formação têm sobre estudantes com deficiência visual, 2 em trabalhos que elaboram recursos didáticos acessíveis e 2 em trabalhos que discutem a importância do contato de docentes em formação com a Educação Inclusiva. Das dez obras selecionadas, somente cinco eram relativas ao ensino de química propriamente dito, sendo os demais relacionados à física ou biologia. A

escassez de produções acadêmicas sobre o tema denota o quanto essa área de pesquisa ainda é pouco explorada.

Pimentel e Aragon (2018), por sua vez, realizaram um estudo bibliográfico buscando, em três canais diferentes, trabalhos acadêmicos entre os anos de 2012 e 2016 que unissem os descritores “jogos pedagógicos”, “Ensino de Ciências” e “deficiência visual”. Os canais selecionados foram o portal Scientific Electronic Library Online (SciELO), o Google acadêmico e o portal de Periódicos CAPES. Na plataforma SciELO foram encontrados 2 trabalhos com o descritor “jogos pedagógicos”, 99 com “Ensino de Ciências” e 5 com “deficiente visual”, mas nenhum que unisse os três simultaneamente. Na plataforma Periódicos CAPES foram encontrados 101 com o descritor “jogos pedagógicos”, 2788 com “Ensino de Ciências”, 314 com “deficiente visual”, 2 com “jogos pedagógicos” e “deficiente visual” e 23 com “Ensino de Ciências” e “deficiente visual”, mas nenhum que unisse os três simultaneamente. Expandindo o horizonte de buscas para o inglês, foram encontrados 26484 com o descritor “educational games”, 178740 com “science teaching”, 28144 com “visually impaired”, 329 com “educational games” e “visually impaired” e 1014 com “science teaching” e “visually impaired”, mas nenhum que unisse os três simultaneamente. No Google acadêmico foram encontrados 2400 com o descritor “jogos pedagógicos”, 15400 com “Ensino de Ciências”, 3180 com “deficiente visual” e 12000 que uniam os três simultaneamente.

Para selecionar quais trabalhos seriam analisados, levou-se em conta alguns critérios de exclusão. Foram desconsiderados trabalhos com temas diferentes de física, química e biologia, com jogos esportivos, com jogos não educativos, com jogos desenvolvidos para outras formas de deficiência que não a visual e com recursos pedagógicos que não fossem jogos. Levando em conta os critérios de exclusão, restaram apenas seis que não se enquadraram em nenhum deles. Esses trabalhos foram organizados em três categorias: aqueles que foram testados em escolas, aqueles testados fora do ambiente escolar e aqueles que não foram testados. Dos seis trabalhos, 3 foram testados em escolas, 1 fora do ambiente escolar e 2 não foram testados. Além disso, 3 abordam conteúdos de química, 1 aborda conteúdo de física, 1 envolve conteúdo de Ciências e 1 aborda a temática de drogas. Quanto à promoção de interações daqueles que foram testados, 2 promovem interações entre pessoas com deficiência visual e videntes, 1 promove

interações apenas entre pessoas com deficiência visual e, finalmente, 1 não promove interações por ter sido testado de forma individual.

Pode-se concluir com o trabalho de Pimentel e Aragon (2018) a falta de pesquisas que consigam unir a temática de jogos pedagógicos, deficiência visual e Ensino de Ciências, sendo portanto uma área de estudo pouco explorada. Segundo as autoras:

Diante da escassez de trabalhos publicados no Brasil nas fontes pesquisadas, concluímos ser necessário estimular a produção acadêmica sobre o desenvolvimento e a utilização de jogos pedagógicos na área de Ciências, pois acreditamos que estes podem contribuir para a educação e socialização de alunos com deficiência visual incluídos nas escolas regulares. É importante ressaltar que tal material deve ser devidamente adaptado afim de favorecer a interação entre pessoas com e sem deficiência visual no processo de ensino e aprendizagem (Pimentel; Aragon, 2018, p. 267).

Na perspectiva dos contextos apresentados, o presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo criar, acessibilizar e validar um jogo de tabuleiro com a temática da teoria atômica que problematize a construção de modelos científicos em uma perspectiva inclusiva. Embora o foco deste trabalho não seja destrinchar detalhadamente esse processo numa perspectiva da História e Filosofia da Ciência (HFC), propõe-se que o jogo apresente as potencialidades para que tais assuntos sejam abordados durante a aplicação e após, a depender da abordagem do professor mediador que o estiver aplicando.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura analisada, foram encontrados trabalhos que propõem jogos sobre a teoria atômica, mas que não dispunham de recursos acessíveis a pessoas com deficiência visual. De igual forma, encontrou-se artigos sobre adaptação inclusiva de jogos pedagógicos, mas não de jogos sobre os modelos atômicos, e sobre a adaptação inclusiva dos modelos atômicos em si, mas que não abordam jogos em suas proposições. Assim, considerando as pesquisas realizadas, foi encontrado apenas um trabalho que apresenta uma proposta, ao mesmo tempo e em um mesmo recurso, de um jogo sobre os modelos atômicos que discute meios de incluir pessoas com e sem deficiência na mesma atividade.

2.1 Trabalhos sobre modelos atômicos e deficiência visual

A começar por obras que descrevem a criação de materiais didáticos adaptados a estudantes cegos ou com baixa visão, no contexto de ensino de modelos atômicos, tem-se a obra de Freitas-Reis *et al.* (2017). Os materiais descritos neste trabalho foram validados por um estudante cego do último ano da Educação de Jovens e Adultos (EJA) de uma escola estadual, no ano de 2016, na cidade de Juiz de Fora. A pesquisa se iniciou pelo interesse do próprio estudante em entender melhor o universo submicroscópico, sendo realizada por meio de encontros de duas horas a cada 15 dias que foram gravados em áudio para análise.

Os encontros se iniciavam com uma discussão sobre os conceitos químicos envolvidos na temática de estudo, de modo que o primeiro deles teve uma apresentação introdutória sobre o foco de estudo da química e um interesse em buscar entender o que o estudante participante da pesquisa conhecia sobre o átomo. Em seguida, foi realizada a discussão da perspectiva histórica do átomo, a começar por Dalton. Para isso, foram empregadas algumas bolas de diferentes tamanhos e massas, como uma de bilhar e uma de isopor, sendo essa parte da sequência finalizada com a apresentação dos postulados de Dalton e da diferenciação entre os conceitos de substância simples e composta.

Utilizando-se de uma garrafa PET e fios metalizados, foi confeccionado um modelo do experimento realizado por Thomson, aliado a uma explicação oral e a uma discussão sobre o contexto histórico da descoberta do elétron. Ainda nessa etapa,

utilizou-se um modelo do átomo de Thomson confeccionado com uma bola de isopor representando a parte positiva e massinha representando os elétrons.

A segunda intervenção contou com uma maquete do experimento da folha de ouro realizado por Rutherford, juntamente com uma discussão sobre o experimento. Um modelo adaptado também foi empregado nesta etapa, lançando mão de bolas de isopor de dois tamanhos distintos, um para os elétrons e outro para o núcleo, e de arame para representação das órbitas que os elétrons descrevem ao redor do núcleo. O questionamento do estudante sobre o movimento orbital do elétron ao redor de algo que o atrai para o centro foi o pontapé inicial para a introdução das contribuições de Niels Bohr, com a utilização de seu próprio modelo adaptado que permitia a diferenciação das órbitas quantizadas e entendimento dos níveis eletrônicos.

Outro exemplo de produção bibliográfica que trata de acessibilização e modelos atômicos, mas não de jogos, é a desenvolvida por Maranhão, Daxenberger e Santos (2018), que desenvolveram modelos atômicos adaptados, de forma a torná-los inclusivos, e utilizaram os recursos em uma sequência didática para uma turma de primeiro ano do ensino médio na cidade de Campina Grande. Para isso, a sequência foi dividida em quatro etapas: a apresentação do projeto, em que foram solicitadas as assinaturas dos termos de consentimento livre e esclarecido, a aplicação de um pré-teste sobre o conteúdo a ser estudado, a experimentação em sala dos modelos desenvolvidos e, finalmente, a aplicação de um pós-teste, contendo as mesmas questões do questionário anterior. Os dados foram coletados através dos percentuais de acerto dos estudantes em ambos os testes, separando-os entre os estudantes que possuem algum tipo de deficiência visual e os que não possuem, além da gravação da terceira etapa por um celular.

Para o modelo de Dalton, os autores utilizaram bolas de bilhar convencionais, simulando a esfera maciça proposta pelo cientista à sua época. Para o modelo de Thomson, utilizaram balões de látex preenchidos com farinha de trigo e botões de camisa, sendo a farinha a parte maleável correspondente à massa positiva e os botões incrustados correspondentes aos elétrons. O modelo de Rutherford adaptado lançou mão de bolas de isopor com diferentes texturas, sendo uma destinada aos prótons e uma aos nêutrons. Os elétrons orbitando o núcleo foram adaptados por

fios de aço, representando a eletrosfera, e miçangas, representando os elétrons. Por fim, o modelo de Bohr foi confeccionado utilizando sete bandas de isopor com texturas distintas, cada uma inserida dentro de outra, representando os níveis eletrônicos. Para representar os elétrons alocados em cada nível capazes de transitar entre os níveis, foram utilizadas miçangas furadas e fios de nylon transparentes.

O resultado da pesquisa desenvolvida por Maranhão, Daxenberger e Santos (2018), evidencia que o uso dos modelos auxiliou tanto os estudantes com deficiência, quanto os sem deficiência, conforme os percentuais de acerto em cada teste. Somente em relação à pergunta sobre o modelo de Rutherford não houve aumento da porcentagem de acerto entre os testes pelos estudantes com deficiência, mantendo o valor de 50% de acerto em ambos. De forma geral, os estudantes com deficiência não só demonstraram domínio do conteúdo equivalente aos demais, como tiveram desempenho mais elevado. Portanto, a pesquisa evidencia o potencial e a importância da aplicação de modelos inclusivos em sala de aula, mas não discute a possibilidade de uso de um jogo pedagógico na sequência didática.

Outro trabalho nessa mesma vertente é o de Camargo, Asquel e Oliveira (2018). Nele é apresentado o desenvolvimento de uma sequência didática com diferentes recursos para o ensino de modelos atômicos, tendo como objetivo facilitar o processo de ensino e aprendizagem de seus conceitos para que os estudantes não se limitem ao uso das analogias que são comumente empregadas para representar os modelos, e para que possam ver além delas. Entre os recursos utilizados estão a maquete e os modelos confeccionados por duas das pesquisadoras que integraram a pesquisa, além de um jogo também criado por elas, o Quiz Atômico.

A sequência didática se divide em três aulas, tendo a primeira um caráter mais expositivo. Inicialmente, foram apresentados aos estudantes as evidências encontradas por cada cientista em suas experimentações e as ideias acerca da constituição da matéria de que dispunham. Nesse contexto, foi solicitado aos estudantes que desenhassem um modelo para o que foi descrito, antes que fossem apresentados a eles os modelos feitos na pesquisa com isopor e mangueiras transparentes, próximos àqueles convencionalmente ilustrados em livros didáticos. Na segunda aula ocorreu a aplicação do jogo, que consiste em uma trilha com casas

classificadas em P (peão), G (grupo) e T (todos), de forma que a casa indica quem deve responder a pergunta sorteada e quantos pontos a pergunta vale. Por fim, na terceira etapa, os estudantes responderam a um teste sobre os modelos atômicos estudados e sobre a percepção de como a sequência contribuiu para o entendimento deles. Dessa forma, no artigo é apresentado o jogo envolvendo a temática de modelos atômicos, no entanto, não são discutidos recursos de acessibilidade e inclusão para tal. Similarmente, não é discutido o uso de jogos no desenvolvimento dos modelos atômicos adaptados, persistindo a lacuna evidenciada neste trabalho.

2.2 Trabalhos sobre jogos e modelos atômicos

Como um exemplo de um trabalho que propõe um jogo com a temática da teoria atômica, mas que não discute sobre a possibilidade de inclusão de estudantes com deficiência visual, tem-se o trabalho de Rodrigues e Furtado (2013), no qual relatam a utilização de jogos teatrais em três turmas do último ano do Ensino Fundamental, na cidade de Goiânia. Para tanto, a sequência foi dividida em três etapas.

A primeira delas destinou-se à divisão da turma em grupos, orientados pela pesquisadora, e pela elaboração de esquetes entre cinco e dez minutos de duração pelos próprios estudantes, baseando-se nos textos auxiliares redigidos pela pesquisadora. Na segunda fase, os estudantes apresentaram suas esquetes uns aos outros e foi promovido um debate acerca delas, E, para finalizar, a terceira etapa consistiu na análise de dados coletados por meio de vídeos e áudios gravados na segunda fase e, ainda, por um questionário avaliativo aplicado aos estudantes.

De modo geral, os autores denotam que a utilização do jogo promoveu momentos de interação e aprendizado entre os discentes, além de despertar o interesse deles pelas artes cênicas, seja em visitar espetáculos ou em participar de aulas de teatro. Mas, apesar dos bons resultados, 16 dos 77 estudantes que participaram da pesquisa ainda demonstraram uso literal das analogias empregadas no ensino de modelos atômicos, por conta dos registros de estudantes que desenharam uma bola de bilhar e um pudim de passas quando foram solicitados a representar os modelos de Dalton e Thomson, respectivamente. Isto evidencia a importância do cuidado em se trabalhar com analogias. No entanto, apesar do uso inadequado da analogia por

parte dos estudantes, outros demonstraram grande avanço na compreensão do processo de elaboração de modelos científicos.

O trabalho de Araújo *et al.* (2015) contém o registro de uma outra modalidade de jogos: os jogos de tabuleiro. A pesquisa foi realizada com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar, em Uberaba, por meio da confecção de um jogo intitulado “Tabuleiro Químico”. O jogo consiste em um tabuleiro composto por uma trilha colorida, cartas de perguntas e um dado, que sorteia quantas casas o jogador pode ou não percorrer. Para conquistar a posição na trilha, o jogador deve responder corretamente à pergunta da carta, e permanece no mesmo lugar caso não acerte a resposta. Algumas quadras especiais tornam o jogo mais dinâmico, sendo elas as quadras “bônus” e “stop”. Se um estudante cair na casa bônus, ele não precisa responder a pergunta, e se cair na casa stop, perde uma rodada. Para tornar o material mais descontraído, os versos das cartas foram confeccionados com estampas coloridas relativas à química. Ao todo, 45 questões compõem cada jogo, sendo um total de 10 jogos diferentes, e as perguntas não eram compostas exclusivamente por questões de múltipla escolha. Nas palavras dos autores, “O caráter lúdico promoveu a descontração e permitiu uma maior atenção dos alunos na revisão e construção do aprendizado” (Araújo, 2015, p. 5).

Leite *et al.* (2020) fazem uso de um jogo similar em seu trabalho, no qual relatam a aplicação em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do Ceará. Nele, propõe-se uma sequência didática para o aprendizado ativo dos discentes, utilizando cinco aulas para tal. Nessa perspectiva, foram utilizadas diferentes abordagens em cada aula, adaptadas conforme as necessidades dos estudantes.

A primeira aula consistiu na identificação das concepções prévias da turma sobre o atomismo, seguido de um teatro científico elaborado pelos bolsistas do projeto, em que Leucipo e Demócrito, personagens da peça, discutem a ideia de uma partícula indivisível que compõe todas as coisas. Na sequência, optou-se por uma abordagem mais expositiva na segunda aula, caracterizada pelo desenvolvimento de uma linha do tempo para elucidar o percurso evolutivo dos modelos atômicos. Na terceira etapa, foi empregado um jogo denominado “Trilha atômica”, composto por um tabuleiro com charadas e curiosidades em que os estudantes devem percorrer o

trajeto em equipes com seus peões enquanto respondem a perguntas sobre os modelos atômicos, sendo a equipe vencedora aquela que conseguisse atingir primeiro a linha de chegada. A quarta aula, por sua vez, fez uso de um cordel escrito pelos bolsistas em virtude da dificuldade que os estudantes apresentaram quanto ao entendimento dos modelos de Rutherford e Bohr, especialmente. Por fim, a quinta e última etapa consistiu na aplicação de um teste para avaliar a apreensão do tema pela turma e coletar as suas opiniões sobre a sequência didática aplicada.

Em se tratando de jogos virtuais que abordam a temática de modelos atômicos, tem-se o trabalho de Barbosa e Pio (2021). Os autores descrevem em sua publicação a implementação de um jogo para dispositivos móveis, como telefone, em uma escola pública de Manaus com 16 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, no turno da manhã. O aplicativo foi desenvolvido no programa Construct 2, levando três meses para ser produzido, e corresponde a um jogo que contém desafios a serem solucionados. As fases são organizadas na sequência histórica de cada modelo, ou seja, inicia em Dalton e se encerra em Bohr. As fases do jogo consistem em arrastar e posicionar corretamente os elementos de cada modelo nas imagens. O acerto é identificado por um efeito luminoso na tela e o erro é indicado pela destruição da partícula.

Inicialmente, os pesquisadores apresentaram a proposta do projeto e os critérios de seleção para os estudantes, sendo os participantes sorteados. Aos participantes, foi solicitado a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Dois dias depois, os documentos foram recolhidos e, após mais cinco dias, foi aplicada individualmente uma entrevista semiestruturada, composta por uma série de questões sobre o tema, como por exemplo “Cite os modelos atômicos”. Passados mais dois dias, a atividade colaborativa foi aplicada e, após uma semana, a mesma entrevista semiestruturada foi aplicada novamente sem o conhecimento prévio dos estudantes, para avaliação do desenvolvimento apresentado.

Os estudantes foram divididos em equipes de 2 a 4 pessoas, sendo que um líder foi selecionado para cada com base no desempenho na primeira aplicação da entrevista, para promoção da interação e auxílio entre os discentes. Além de cumprir à expectativa delimitada, o jogo ainda contribuiu com o entendimento dos

modelos atômicos e dos tipos de partículas, além de ter promovido a comunicação, socialização e assistência entre os estudantes.

2.3 Trabalhos sobre jogos e deficiência visual

Quanto a artigos que discutem a inclusão de estudantes com deficiência visual em jogos, tem-se a pesquisa de Perovano, Pontara e Mendes (2017), desenvolvida em uma escola estadual de Linhares em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio com 32 estudantes, sendo 3 surdos e 1 cego. O jogo proposto se trata de um dominó com 40 peças de madeira contendo informações sobre o nome de uma substância inorgânica e uma fórmula química, tendo sido pensado para ser acessível tanto a pessoas cegas, quanto surdas. Para isso, o recurso faz uso de Língua Portuguesa, Língua Brasileira de Sinais, grafia *braille*, grafia comum e datilologia para escrita das informações presentes no papel adesivo aderido às peças. Um tabuleiro central também foi projetado pensando em uma forma de melhorar a localização do início e fim da jogada pelo estudante cego, e para impedir que as peças se espalhem, velcro foi utilizado para fixação no tabuleiro. Para que o discente com deficiência visual pudesse encontrar a posição correta de leitura das informações, foi colocado no canto superior de cada peça uma miçanga.

O “Dominó Químico”, conforme intitulado na pesquisa, é um recurso para complementar os conteúdos de classificação inorgânica já trabalhados na turma, dispondo de 10 peças para cada classe de compostos. A aplicação contou com duas aulas consecutivas de 55 minutos cada, após uma breve revisão dos conteúdos do objeto de estudo. A turma foi dividida em 4 grupos de 8, que foram subdivididos em 4 duplas. No início do jogo as peças foram distribuídas igualmente, viradas para baixo, entre as duplas, com o professor definindo qual dupla começa a partida dizendo o nome de uma das substâncias presentes no jogo. A dupla, então, posiciona a peça e a dupla seguinte deve encaixar em uma ponta o nome correspondente àquela fórmula química ou a fórmula química correspondente àquele nome. Se a dupla da vez não tiver nenhuma peça que se encaixe no jogo, ela perde a vez e passa para a próxima dupla. Ganha aquela que conseguir pôr todas as suas peças em jogo primeiro.

Para avaliação dos resultados foi aplicado um questionário com 3 perguntas fechadas, além da análise das observações da intérprete que acompanha os

estudantes surdos, dos estudantes surdos e do estudante cego, durante e após o jogo. Os resultados demonstraram que todos os estudantes tiveram dificuldades com compostos que possuíam o mesmo elemento químico, em especial aqueles com deficiência auditiva pelo fato de as regras de linguística de sufixos não fazerem parte de sua realidade. Outro problema similar foi com relação ao nome das substâncias, pela dificuldade em associar o símbolo ao nome, problema que poderia ser resolvido se existisse tabela periódica ilustrada como material de apoio ou, ainda, se existisse um sinal próprio para cada elemento químico. As imagens sobre a aplicação das substâncias do jogo presentes nas peças ajudaram a todos os estudantes, com exceção daquele que possui deficiência visual. Para contornar esse problema, os próprios colegas de turma passaram a descrever as imagens a ele.

No questionário, 94% dos estudantes afirmaram que o jogo contribuiu de forma significativa no seu aprendizado e 97% afirmaram que o jogo desenvolvido abre possibilidades para solucionar dúvidas e discutir respostas. Com relação às imagens de aplicação, pode-se dizer que elas ajudaram os discentes a refletir sobre a importância da química no cotidiano. Quanto às adaptações propostas, pode-se dizer que elas permitiram aos estudantes participar do jogo sem muita disparidade e interagir com os colegas de maneira inclusiva.

Tendo como motivação diminuir a falta de práticas lúdicas que possibilitem a integração entre videntes e pessoas com deficiência visual e, ainda, desenvolver uma prática pedagógica que não se pauta somente na memorização de conceitos e saberes teóricos, a pesquisa realizada por Reis *et al.* (2024) no instituto Benjamin Constant traz a adaptação de um jogo de cartas, a sueca, para o ensino da tabela periódica. Além dessa premissa, o material desenvolvido também se propõe a trabalhar com elementos pouco estudados em sala de aula, reforçando ainda a associação entre um elemento e seu período/grupo pertencente.

Nesse recurso didático, as cartas foram construídas com uma base de papel Paraná, sendo os naipes (grupos) diferenciados pelo revestimento de um dos lados da carta com tecidos de cores e texturas específicas. Ademais, foram posicionadas escritas em grafia braille e em fonte APHont para atender estudantes com e sem deficiência visual, mostrando a possibilidade de socialização entre as duas parcelas no jogo.

Ferry (2024), por sua vez, discute em sua publicação um pouco do acervo de recursos desenvolvidos pelo Projeto Incluir-Ciência, com uso de impressão 3D e corte a laser. A iniciativa faz parte de um programa de pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), lançando mão de tecnologias de prototipagem digital e se baseando em aspectos da Cultura *Maker* e da Teoria da Ação Mediada. Os recursos desenvolvidos pelo Projeto são testados e validados por pessoas com deficiência visual, alguns inclusive por professores, constituindo assim um acervo bem conceituado na área.

Na publicação de Ferry (2024) são apresentadas quatro produções: uma caixa de triângulos com marcações em baixo relevo para ensino de conceitos geométricos, o Bricks Braille Químico, o Quebra-Cabeça Iônico e uma prancha grafotátil para ensino sobre a destilação fracionada do petróleo. O Bricks Braille Químico é um recurso confeccionado através de modelagem e impressão 3D, com blocos de cores distintas e grafia *braille* para cada elemento, similar a blocos de LEGO®. Com esse material, os estudantes podem desmontar e montar os blocos de modo a formar diferentes compostos, permitindo aos estudantes com deficiência visual uma experimentação da linguagem química empregada nas ligações. Por não ter sido projetado considerando elementos visuais e táteis que integrariam a experiência de estudantes com e sem deficiência visual, este material é considerado apenas acessível, mas não inclusivo.

O Quebra-Cabeça Iônico, por sua vez, é um recurso inclusivo que faz uso de chapas de MDF e acrílico de 3 mm cortadas e gravadas a laser, que permite aos estudantes com e sem deficiência brincar com as peças, tal qual um quebra cabeça, para montar compostos iônicos variados. Dessa forma, é trabalhado também por meio deste material a noção da neutralização de cargas pela proporção entre elas.

A prancha grafotátil sobre a destilação fracionada de petróleo é um recurso que dispõe da identificação de alguns componentes do sistema e das frações, tanto em grafia *braille* quanto em grafia comum, em peças removíveis, podendo os estudantes explorarem cada elemento e brincar com o encaixe deles. O sistema inclui um tanque de armazenamento, uma bomba mecânica, uma fornalha e uma torre com cinco bandejas para dificultar a passagem do petróleo vaporizado. As frações

incluem gases, nafta, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante e resíduo asfáltico. Por fazer uso de elementos visuais e gravação a laser, o recurso permite que todos possam experimentá-lo à sua maneira, sendo portanto inclusivo.

2.4 Trabalhos sobre jogos, modelos atômicos e deficiência visual

A obra de Aragão (2012) foi a única encontrada que discute as três temáticas simultaneamente (modelos atômicos, jogos e inclusão para pessoas com deficiência). O trabalho foi desenvolvido durante o ano de 2011, com turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pólo de São Paulo, sendo dividido em quatro etapas. A autora define escolas pólo como “escolas estaduais que possuem salas de recursos específicas para o atendimento de alunos com deficiência e/ou necessidades educacionais especiais” (Aragão, 2012, p. 49).

A primeira etapa inclui o acompanhamento no planejamento coletivo dos professores de química da escola participantes da pesquisa, além da identificação dos recursos que são utilizados por eles e estão disponíveis aos estudantes e, ainda, entrevistas semiestruturadas com professores e estudantes. Na etapa seguinte, foram realizadas atividades para levantamento de concepções prévias dos estudantes sobre a teoria atômica, de modo a guiar o planejamento da pesquisadora e dos professores participantes nas aulas seguintes. A terceira etapa é a aplicação dessas atividades propostas, incluindo o uso do jogo “A Saga do Átomo”, desenvolvido pela autora. Assim, avaliou-se o nível de compreensão dos estudantes sobre o tema e testou-se a validação do recurso proposto. A última etapa, por fim, abarca a análise de dados coletados pela observação participante, aplicação de atividades e entrevistas semiestruturadas.

Além do jogo, também foram confeccionados modelos atômicos tridimensionais a partir de bolas de isopor de tamanho variado, arame, miçangas e cola colorida. A partir do uso dos modelos e das analogias a eles associadas, possibilitou-se durante a pesquisa alguns momentos propícios para a discussão dos limites de modelos e analogias. Conforme um episódio relatado na obra,

Foi utilizada a dúvida desse aluno para explicar as limitações da utilização de um modelo e que o mesmo seria uma aproximação didática do conceito a ser estudado e não sua representação fiel (Aragão, 2012, p. 89).

Para a aplicação do jogo, dividiu-se 20 estudantes em dois grupos de 6 pessoas e um de 8, sendo este o que possui um discente com deficiência visual. Em cada um desses grupos foi feita uma nova divisão, de modo que cada peão correspondia a uma dupla. A confecção do jogo, por sua vez, fez uso de materiais como papel panamá e EVA, sendo que foram produzidos três kits contendo tabuleiro, dados, cartas com perguntas, fichas para resposta dos estudantes e peões para movimentação na trilha. Um desses kits, vale dizer, fez uso de inscrições em relevo e texturas distintas, visando acessibilizar o jogo para os estudantes com deficiência visual. A trilha foi dividida em quatro partes: Antiguidade, Laboratório de Dalton, Laboratório de Thomson, Laboratório de Rutherford e Laboratório de Bohr. Em cada uma dessas áreas eram feitas perguntas correspondentes ao período em questão, de modo que a cada resposta correta os estudantes recebiam um modelo atômico respectivo. Algumas dessas perguntas, quando respondidas corretamente, concediam um passe para os jogadores à “Loja de Ferramentas”, uma área fora do tabuleiro em que os estudantes podiam fazer uso de diferentes peças para montar um modelo atômico (Aragão, 2012). O objetivo, portanto, é que os jogadores consigam responder corretamente às perguntas para chegarem no fim da trilha com todos os modelos.

A partir da descrição dos trabalhos apresentados que compuseram a revisão de literatura, é possível identificar que ainda existem poucas produções acadêmicas que englobem ao mesmo tempo a teoria atômica, o uso de jogos no ensino e a possibilidade de inclusão de estudantes com deficiência visual. Entretanto, todas representam um grande avanço em cada uma das três direções que se debruçam, indicando caminhos a serem seguidos, recursos validados e práticas que já foram experimentadas. O presente Trabalho de Conclusão de Curso reconhece as contribuições dessas pesquisas e, tendo conhecimento de suas potencialidades e dificuldades, se propõe a dar um passo adiante, somando as potencialidades das três temáticas em um só recurso educacional.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Apresentamos os referenciais teóricos que nortearam a elaboração do jogo e também a reflexão sobre a sua utilização para o ensino de ciências mediante os pressupostos da ação mediada, a elaboração de modelos científicos, o acesso, acessibilidade, inclusão e multissensorialidade, a seguir.

3.1 Pressupostos da ação mediada

Para Wertsch (1998), a ação não pode ser entendida como algo unicamente social ou individual, e deve-se falar em “momento de ação” em vez de se utilizar entidades separadas nesse processo. Nesse viés, a ação mediada se constitui por duas entidades: as ferramentas culturais e os agentes. Essas entidades, por sua vez, são marcadas por uma tensão inextinguível entre si. Ou seja, isso equivale a dizer que não se pode destinar a apenas uma dessas entidades o mérito de se realizar uma ação, pois ambas fazem parte do processo. Assim, um agente não realiza uma ação sem auxílio de uma ferramenta, do mesmo modo que uma ferramenta não é capaz por si só de realizar uma ação, mesmo que em alguns contextos haja a ilusão de que essa distinção é possível. Deve-se dizer, portanto, desde a perspectiva de Wertsch (1998), que uma ação é realizada por um agente utilizando uma ferramenta.

Wertsch (1998) aponta, ainda, que a ação mediada comumente apresenta múltiplos objetivos, via de regra conflitantes. Isso porque os objetivos que possui um agente podem, em muitos dos casos, não convergir precisamente com os objetivos relativos a um meio mediacional, de onde surge o conflito de intenções. Dessa noção decorre ainda o fato de que os meios mediacionais, além de materiais e historicamente situados, possuem limitações (Wertsch, 1998). Ainda que o advento de uma nova ferramenta cultural seja capaz de modificar a ação mediada e crie a ilusão de que não há limitações associadas a ela, em certa instância essas limitações são reconhecidas. Quer seja pelo advento de uma outra ferramenta que permita enxergar os pontos onde a anterior restringia a ação, quer pelo surgimento de novas necessidades. Esse processo se dá de tal forma que comumente percebemos esses limites apenas através de um processo de comparação retrospectivo (Wertsch, 1998).

A razão para essas propriedades da ação mediada reside no fato de que as ferramentas culturais são frequentemente originadas em contextos muito distintos aos quais serão aplicadas. “Entre outras coisas, isso significa que a maioria das ferramentas culturais que empregamos não foram projetadas para os propósitos aos quais elas estão sendo destinadas” (Wertsch, 1998, p. 59, tradução própria). Não há como os objetivos de um agente e uma ferramenta coincidirem absolutamente em uma ação mediada se a ferramenta em questão não foi projetada para aquela ação. Portanto, tanto quanto uma ferramenta permite a execução de uma ação, também a restringe de outras múltiplas formas.

No contexto educacional, entende-se que quando o cérebro aprende um conceito, está sendo aplicada a mediação da linguagem (Martins; Moser, 2012), que por sua vez é uma ferramenta cultural. Essa ferramenta, bem como qualquer outra, pode ser invocada por um agente de forma a imbuí-lo de poder e autoridade dentro de seu contexto, alterando a dinâmica do discurso (Wertsch, 1998). Sendo a linguagem uma ferramenta, também possui limitações na ação que podem provocar dificuldades de aprendizagem. Em razão disso, é necessário cuidado por parte do docente no que está sendo dito e em como está sendo dito. Como afirmam Martins e Moser (2012),

[...] os docentes, no cotidiano, ao ensinarem seus alunos, devem levar em conta não apenas o que querem explicar, mas, também, ter ciência da percepção que os alunos têm do que lhes é ensinado. A recepção da fala do professor, por esses alunos, é feita de acordo com suas próprias maneiras de entender, as quais variam de aluno para aluno (Martins e Moser, 2012, p. 18).

Pereira e Ostermann (2012) afirmam algo similar quando explicitam que

A ideia de que ação mediada responde a vários propósitos e a de que ferramentas culturais restringem, ao mesmo tempo em que possibilitam a ação, é crucial para entendermos por que alguns alunos frequentemente fracassam na realização de determinadas tarefas em sala de aula. Na medida em que se reconhece que os instrumentos de avaliação não avaliam a inteligência geral dos alunos, mas sim as habilidades específicas no uso de determinadas ferramentas culturais, é possível refletir sobre que ferramentas culturais são mais adequadas aos alunos na realização de uma dada tarefa (Pereira e Ostermann, 2012, p. 36).

O presente Trabalho de Conclusão de Curso utiliza esses pressupostos ao considerar o jogo elaborado uma ferramenta cultural e o professor como o agente da mediação no contexto de trabalho com os modelos para o átomo. De forma semelhante, os estudantes também se configuram como agentes, na medida em que modificam a ação a partir de suas perspectivas e decorrer do jogo.

3.2 Elaboração de modelos científicos

Para iniciar uma discussão sobre a construção de modelos científicos, faz-se necessário, primeiramente, compreender o que é um modelo. Segundo Ferreira e Justi (2008), modelos são formas de representar a realidade através de interpretações particulares, e não simples cópias dela. Enquanto um modelo for capaz de fornecer explicações e previsões sobre fenômenos, eles são considerados aceitos pela comunidade científica. No entanto, quando não forem mais capazes de cumprir essa finalidade, eles precisam ser adequados (Melo; Neto, 2013). Compreender esse processo requer um entendimento de que a Ciência não é algo neutro, acabado e solitário, mas sim um empreendimento social em constante desenvolvimento, conforme Melo e Neto (2013) e Caro *et al.* (2009) apontam. Na verdade, requer também uma compreensão de que não há um método científico que seja universal e engessado, e sim metodologias que se modificam, se criam e se manipulam conforme novos apontamentos se apresentam (Caro *et al.*, 2009).

Com relação ao tema de modelos atômicos, em específico, Melo e Neto (2013) relacionam a dificuldade em associar esse conteúdo com modelos moleculares e o comportamento da matéria, devido ao modo como o ensino desses conteúdos se dá de forma fragmentada. Assim,

Especificamente no ensino de química, não há uma preocupação com a discussão de como os modelos científicos são construídos e sua importância na compreensão da construção do conhecimento. No máximo, percebe-se uma abordagem equivocada quando da apresentação de modelos atômicos. No entanto, tal discussão é fundamental, pois a química está baseada em modelos, não somente os atômicos, mas também os moleculares, os de reações, os matemáticos e essa ideia não é contemplada pelo professor, pela maioria dos livros didáticos e, conseqüentemente, pelo aluno (Melo; Neto, 2013, p. 112).

Melo e Neto (2013) apontam ainda para o fato de que a abordagem histórica do ensino de modelos atômicos em livros didáticos se constitui em uma série de eventos em ordem cronológica, sem problematizações, que dão a ideia de que um novo modelo surge para substituir o anterior. Isso, é claro, pode levantar questionamentos pelos estudantes acerca do propósito de se ensinar cada modelo, pois se um substitui o outro, basta ensinar o último, o correto. Nessa perspectiva é preciso, portanto, que uma nova abordagem que considere os modelos atômicos como uma criação científica, e não como uma descoberta (Melo; Neto, 2013), seja

adotada. Ferreira e Justi (2008) também estão de acordo com essa ideia ao explicitar que

Quando pensamos no ensino, principalmente na forma como ele vem sendo tradicionalmente desenvolvido, o conhecimento científico é apresentado como mais um “conteúdo”, sem que seja estudado o processo humano envolvido por trás daquele conhecimento, sem emoção, sem busca, sem motivação. Pensar sobre como um fenômeno ocorre se torna cada vez mais difícil, à medida que o saber na escola se associa à memorização de fatos, equações e procedimentos (Ferreira; Justi, 2008, p. 32-33).

Conforme Justi (2006), existem três funções que os modelos devem exercer em um processo formativo: ensinar ciência, de modo que os estudantes conheçam a natureza e as limitações dos principais modelos científicos, ensinar sobre ciência, de modo que os estudantes entendam a natureza dos modelos e, finalmente, ensinar a fazer ciência, de modo que os estudantes criem e provem seus modelos. Daí, distinguem-se também duas classificações: modelos curriculares e para o ensino. Os modelos curriculares são simplificações de modelos científicos, que muitas vezes são complexos não apenas em seu conteúdo, mas também na forma como eles são comunicados (como por fórmulas matemáticas, por exemplo). Os modelos para o ensino, por sua vez, têm a finalidade de auxiliar os discentes na aprendizagem de um dado aspecto do modelo curricular, podendo ser através de desenhos, maquetes e simulações, por exemplo. O presente Trabalho de Conclusão de Curso visa romper com a lógica sequencial, linear e substitutiva evidenciada pelos autores citados, e elaborar um jogo que possibilite aos professores que dele fizerem uso que as três funções denotadas por Justi (2006) sejam trabalhadas em sala de aula dentro do contexto do ensino de modelos atômicos.

3.3 Utilização de jogos em contextos de ensino e aprendizagem

Um primeiro ponto importante ao se iniciar a discussão sobre a utilização de jogos em contextos de ensino e aprendizagem é sobre qual o tipo de jogo que será aplicado, e qual sua relação com materiais de ludicidade. Segundo Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), é comum encontrar no contexto educacional brasileiro uma associação direta entre jogo e lúdico. No entanto, delimitar que recursos lúdicos se resumem a jogos somente é ignorar todas as potencialidades e variedades de uso da ludicidade em sala de aula. Pode-se afirmar, portanto, que todo jogo é um recurso lúdico, mas nem todo recurso lúdico é um jogo, de forma que definir um

recurso como jogo lúdico é redundante. Como alguns exemplos de outros recursos lúdicos apontados pelos autores tem-se o uso de júris simulados, álbuns de figurinhas, escape rooms, paródias e leitura de gêneros textuais como histórias em quadrinhos ou cordéis. Tanto os jogos, quanto os demais recursos apresentados constituem estratégias para promover a motivação dos estudantes em relação ao estudo dos conteúdos de ciências naturais.

Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) definem, assim, duas classes de jogos, os educativos informais e os educativos formalizados, sendo este segundo subdividido entre jogos didáticos e jogos pedagógicos. A primeira distinção (jogos educativos informais e jogos educativos formalizados) surge do entendimento de que jogos são recursos lúdicos com função em si mesmo, com a intenção de fornecer prazer, diversão e entretenimento, de modo que a aprendizagem ocorre (quando ocorre) de forma secundária e informal, não intencionalizada. Isso porque os jogos, em sua essência primeira, não têm a pretensão de ensinar algo a alguém, cumprindo esse propósito derivativo apenas de modo subliminar e discreto. Assim sendo, um jogo é dito educativo informal quando há esse ensino despretenso, enquanto que o jogo é dito educativo formalizado quando é atrelada a ele uma função pedagógica, planejada premeditadamente pelo docente. O jogo educativo formalizado leva em seu âmago a pretensão de ensinar algo, carregando a intenção de quem o planejou.

A segunda distinção, por sua vez, é resultado do objetivo a que se destina a aplicação do jogo, e o modo como ele foi concebido. Se o recurso desenvolvido for uma adaptação de um jogo já existente, seja o original educativo informal ou formalizado, então ele é definido como um jogo didático. Esta classificação, portanto, diz respeito aos jogos que se baseiam em produções anteriores nas quais foram observadas a potencialidade de se ensinar algo, tendo um conteúdo formativo anexado a elas. Assim, existe a intenção de promover a revisão e reforço de conceitos já assimilados previamente. No entanto, se o jogo tiver sido resultado de uma produção original desenvolvida pelo docente, inédito, então ele é dito pedagógico. Os jogos pedagógicos são, portanto, capazes de ensinar algo por si mesmos, sendo por isso um recurso flexível que pode ser aplicado tanto para a abertura de novos conceitos, quanto para reforço de conceitos já aprendidos. Como explicitado pelos autores,

[...] ambos os jogos devem manter com rigor a intencionalidade educativa, seletiva e específica, visando contribuir com a construção de aprendizagens sobre determinados conteúdos (previamente estipulados para compor o “enredo instrutivo” do jogo), provocar o pensamento crítico, estimular para a resolução de problemas, favorecer habilidades cognitivas, entre outras funções (Cleophas; Cavalcanti; Soares, 2018, p. 40).

Em resumo, todo jogo didático ou pedagógico é, naturalmente, educativo. O inverso, porém, não é necessariamente verdade, pois existem os jogos educativos informais que não possuem objetivo claro e delimitado na construção de conceitos específicos.

Avanço e Lima (2020) se aproximam dessa perspectiva ao delimitar seis concepções sobre o potencial formativo de jogos que orientam sua aplicação em contextos variados, à exceção da primeira delas. A primeira concepção, que exclui os jogos dos contextos educacionais, compreende os jogos como duas possibilidades: como atividades distrativas com potencial de desenvolvimento de vício, o que cria e reforça a ideia de que jogos não têm lugar na educação, ou como atividades secundárias ou de menor importância, que só são permitidos em momentos de intervalo ou recreio.

Uma concepção que encare os jogos como recreação apenas também está atrelada a essa ideia de secundarização. Nela, os jogos continuam sendo uma atividade distrativa associada ao gasto de energia para equilíbrio de funções orgânicas, visando a retomada das atividades pedagógicas propriamente ditas, porém é admitido que a escola possa ser um lugar onde a alegria é permitida. Assim, surgem dois pólos: jogos vistos como práticas espontâneas sem necessidade de intervenção pedagógica, desde que os regulamentos do espaço sejam respeitados, e jogos com controle diretivo e intervenção pedagógica, seja para não promover vícios ou para alcance de resultados como desenvolvimento da coordenação motora, habilidades sociais ou condicionamento físico.

A concepção de jogos espontâneos entende o jogo como um fim em si mesmo, por se tratar de uma atividade realizada de forma voluntária. A concepção de jogos educativos, por sua vez, pressupõe uma relação entre o jogo, enquanto atividade lúdica, e a educação, enquanto atividade formativa, sendo caracterizado pela tendência de ser planejado e acompanhado por professores, com um direcionamento pedagógico. Assim, jogos educativos se diferenciam dos jogos

espontâneos pois existe uma intenção pedagógica por trás delimitando o curso da experiência, que diverge da ideia dos jogos como algo realizado em si mesmo.

Os jogos educativos podem ainda servir como um recurso de contravenção a efeitos nocivos, como o vício, de outros jogos e atividades humanas. Avanço e Lima (2020) definem jogos didáticos como propostas para disfarçar conteúdos disciplinares com uma aparência lúdica, de tal forma que eles são capazes de moldar esses conteúdos. Assim, nesta concepção, o jogo é visto como instrumento para a superação de dificuldades de forma prazerosa, o que pode tornar a aprendizagem mais efetiva e o distingue dos jogos espontâneos. No entanto, existe uma necessidade de cuidado para que, no processo de disfarçar os conteúdos disciplinares, a finalidade do ensino não seja ocultada, de modo que o mediador perca a chance de explicitar o processo formativo associado ao jogo em uso.

Uma última concepção é a da gamificação, que utiliza de componentes, mecânicas e dinâmicas de jogos para aumentar o engajamento em contextos de aprendizagem. Por dinâmicas, entende-se os elementos que o compõem, tais como narrativa, progressão, restrições, interatividade e emoções. Por mecânicas, entende-se as formas de aplicação das dinâmicas, tais como competição, cooperação, desafio, turnos e transações. Por fim, entende-se por componentes os recursos que dão sustento às mecânicas, tais como medalhas, avatares, coleções e placares. A gamificação, portanto, é o uso dessas propriedades em práticas docentes, usando de características de jogos, mas sem transformá-las em um propriamente dito. O cuidado em não se mascarar demais o intuito formativo, no entanto, ainda persiste nesta concepção.

Nenhuma dessas concepções exclui a existência de outra, mas em realidade, instituições de ensino diferentes, ou mesmo dois educadores de uma mesma instituição, podem focar mais ou menos em concepções distintas, fazendo com que ela se sobressaia sobre as demais.

Apesar de não corresponderem em todos os aspectos, Avanço e Lima (2020) e Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) convergem em muitos deles. Uma similaridade, por exemplo, está no entendimento de que os jogos em sua essência não têm uma função primária de ensinar algo, o que cria conflitos conceituais no cunho de jogos educativos, e na conceituação de ambas as concepções, jogos

educativos e didáticos. Enquanto Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) apresentam uma maior sistematização dos termos, Avanço e Lima (2020) demonstram as diferentes concepções que as instituições de ensino podem ter sobre os jogos. Desse modo, nem os jogos educativos formalizados, nem os informais, atenderão aos seus propósitos se a instituição onde se deseja aplicá-los os considerar algo a ser excluído do ambiente estudantil. Portanto, Avanço e Lima (2020) expressam melhor as perspectivas que orientam o desenvolvimento e a aplicação de um jogo, enquanto Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018) fornecem uma melhor caracterização.

Quanto aos tipos de jogos possíveis de serem desenvolvidos, Arnaud (2024) aponta 5 possibilidades. A primeira são os jogos de perguntas e respostas, como quizzes, em que os estudantes precisam responder a um conjunto de perguntas sobre um tema específico. Se for aplicado de uma forma competitiva, os discentes disputam uns contra os outros para responder corretamente ao maior número de questões no menor tempo possível.

A segunda possibilidade são os jogos de tabuleiro, nos quais o formato envolve movimentação de peças e obediência de regras próprias do jogo, com intuito de alcançar um determinado objetivo. Esses recursos podem ser tabuleiros com casas que contenham perguntas a serem respondidas sobre o tema em estudo, eventos que podem mudar a dinâmica do jogo ou, ainda, desafios relativos a experimentos ou problemas a serem solucionados.

Uma terceira possibilidade engloba os jogos de cartas. Nesta categoria, as cartas podem estar associadas a um sistema de correspondências, como encontrar a carta com um nome de substância correspondente a uma carta com determinada fórmula química, ou a algo mais complexo que irá exigir estratégia e conhecimento dos jogadores.

Os *Role-Playing Games* (RPGs) se encontram na quarta possibilidade, sendo jogos em que os estudantes interpretam papéis de personagens inventados em mundos que podem ser como o nosso, ou ter suas próprias regras. Neste contexto, os participantes exploram sua criatividade e influenciam o curso da narrativa conforme tomam decisões.

Por fim, uma última possibilidade abarca os *Alternate Reality Games* (ARGs). Esse formato mistura elementos do mundo virtual e real, de forma a construir um enredo imersivo em que os estudantes devem resolver enigmas para avançar na trama. Assim, os jogadores podem interagir tanto com objetos e o mundo físico, quanto com sites e elementos virtuais, explorando sua criatividade, cooperação e raciocínio crítico.

Arnaud (2024) define ainda a diferença entre Aprendizagem Baseada em Jogos e Gamificação. A Aprendizagem Baseada em Jogos desenvolve jogos especialmente com fins educativos, de forma a que os discentes aprendam o conteúdo e outras habilidades de modo interativo. Gamificação, por sua vez, é o uso de elementos que constituem um jogo em situações em que não há, de fato, a aplicação de um jogo, como a utilização de placares, pontos e níveis nas aulas, o que vai de encontro ao que é definido por Avanço e Lima (2020).

O presente Trabalho de Conclusão de Curso compreende os benefícios da utilização de jogos em contextos de ensino e aprendizagem, pois “formar futuros educadores com ferramentas e técnicas que utilizem o lúdico como recurso didático é fundamental para a construção de um ensino mais dinâmico e acessível” (Arnaud, 2024, p. 7). Considerando todas as discussões conceituais sobre as terminologias associadas aos jogos em contextos formativos, o jogo desenvolvido neste Trabalho de Conclusão de Curso não é completamente atendido pelas categorias de jogo educativo didático ou pedagógico. Isso porque, apesar de o jogo desenvolvido utilizar como inspiração para sua proposição um jogo já existente, denominado Quartz, o processo realizado vai para além de uma simples adaptação, uma vez que o jogo que o Quartz foi inteiramente ressignificado e transformado em algo diferente, embora ainda não seja algo inédito. Além disso, embora possa ser o ponto de partida para o fomento de discussões sobre a elaboração de modelos científicos, o jogo ainda utiliza da teoria atômica como pano de fundo para tal. Portanto, um conhecimento prévio desse conteúdo é necessário para um bom entendimento da proposta do jogo.

3.4 Acesso, Acessibilidade, Inclusão e Multissensorialidade

Quando se fala sobre adaptação de recursos didáticos para pessoas com deficiência, faz-se necessário uma definição sobre os termos norteadores que serão empregados na discussão. Isso porque, apesar de serem tratados como sinônimos, existem diferenças importantes entre eles que, quando elucidadas, podem tornar a discussão mais bem fundamentada. O primeiro termo a ser definido, portanto, é “acesso”. Freitas (2023) o define como o processo de democratização de algo, como um recurso ou espaço, de forma a ampliar e expandir o número de pessoas que utilizam e se beneficiam deles. Ou seja, “acesso” não diz respeito à capacidade do lugar ou do recurso em atender às necessidades próprias das pessoas com deficiência, apenas ao fato de que elas podem fazer uso dele. Quanto à “acessibilidade”, Freitas (2023) a caracteriza como a utilização de tecnologias assistivas que viabilizam o uso de um recurso. Em outras palavras, “acessibilidade” não discute aspectos sobre a utilização de um recurso, ou a ocupação de um espaço, em conjunto, mas apenas se as pessoas conseguem se beneficiar desse recurso/espaço em questão. Para discutir esses aspectos, insere-se o termo “inclusão”. Freitas (2023) aponta que a inclusão materializa o convívio com as diferenças e, dessa maneira, vai contra o segregacionismo historicamente tomado como natural para pessoas com deficiência. Sassaki (2009) vai ao encontro dessa ideia ao afirmar que

Inclusão, como um paradigma de sociedade, é o processo pelo qual os sistemas sociais comuns são tornados adequados para toda a diversidade humana - composta por etnia, raça, língua, nacionalidade, gênero, orientação sexual, deficiência e outros atributos - com a participação das próprias pessoas na formulação e execução dessas adequações (SASSAKI, 2009, p. 1).

Sendo assim, um recurso educacional que contemple os três aspectos precisa ter sua distribuição facilitada para que os estudantes possam ter a oportunidade de utilizá-lo (acesso), ser adaptado para que os estudantes consigam efetivamente utilizá-lo (acessibilidade) e, finalmente, promover uma experiência socializada para que os estudantes possam, em conjunto e sem discriminações, utilizá-lo (inclusão).

Sassaki (2009) delimita em sua obra, ainda, as seis dimensões da acessibilidade, sendo elas: arquitetônica (relativa à superação de barreiras físicas presentes nos espaços), comunicacional (relativa ao uso de diversos tipos de língua e linguagem),

metodológica (relativa aos modos como uma prática pode acontecer), instrumental (relativa aos materiais que são empregados em uma prática), programática (relativa à superação de barreiras presentes em políticas públicas e regulamentos) e atitudinal (relativa ao combate de preconceitos e discriminações). Segundo o autor, todos os sistemas e tipos de tecnologias, como as assistivas, devem estar atreladas às seis dimensões apresentadas.

Santiago e Santos (2015) apontam para uma outra forma de se analisar as estratégias de inclusão: a perspectiva omnilética. Nessa perspectiva, são consideradas três dimensões nas quais expressamos nossa existência de forma individual e coletiva e que incorporam todo e qualquer fenômeno humano e social. Conforme as autoras,

A dimensão das culturas refere-se a valores que temos e justificativas que damos para explicar o mundo. A das políticas faz referência não apenas às conhecidas políticas públicas, como também abrange toda intenção expressa que tem por objetivo orientar e organizar ações. Políticas refletem decisões tomadas e geralmente implicam em planos de ação. A das práticas refere-se às práticas e ações pessoais e sociais propriamente ditas, a o quê e como fazemos as coisas (Santiago; Santos, 2015, p. 487)

Essas três dimensões estão em constante relação, interferindo umas com as outras de formas variadas. É importante um olhar atento sobre essas relações para compreendermos quais dimensões estão em jogo na luta pela inclusão de estudantes com deficiência. Nesta perspectiva, nada está posto naturalmente, mas é resultado de uma transformação nessas dimensões. Dessa forma, “a inclusão requer quebras de cristalizações educacionais e reorganização do sistema educacional para que se efetivem ambientes dinâmicos e envolventes para estimular todos os alunos” (Santiago; Santos, 2015, p. 497).

Na pesquisa também são apresentados alguns desafios aos educadores que se propõem a oferecer oportunidades diferenciadas de participação, como identificar e superar as barreiras que dificultam a participação e aprendizado dos estudantes na escola; aceitar que existem diferenças entre os discentes com peculiaridades e que isso não os torna problemas a serem resolvidos; aprender a dialogar com as peculiaridades; superar os processos avaliativos que selecionam e classificam os estudantes; e entender que o acolhimento das necessidades pedagógicas dos estudantes com deficiência é responsabilidade de todos os atores da escola.

Quando se fala de educação inclusiva para estudantes com deficiência visual, é imprescindível um estudo sobre a obra de Soler (1999). Nesta obra, o autor discute o modo como o ensino de ciências tem focado exclusivamente em uma perspectiva unicamente visual, desconsiderando-se todos os outros quatro sentidos dos quais a humanidade dispõe. Como oposição a esse cenário, Soler (1999) expressa a relevância da adoção de uma didática multissensorial em contextos educacionais. O autor define essa estratégia da seguinte forma:

É um método pedagógico de interesse geral para o ensino e a aprendizagem das ciências experimentais e da natureza, que utiliza todos os sentidos humanos possíveis para captar informação do meio que nos rodeia e interrelaciona esses dados a fim de formar conhecimentos multissensoriais completos e significativos (Soler, 1999, p. 45, tradução própria).

Assim, a utilização de uma didática multissensorial implica em reconhecer que todos os cinco sentidos humanos são veiculadores de informação, sem que um tenha mais ou menos importância ou conteúdo informacional que outro, de forma que todos os dados sensoriais têm igual prioridade em uma análise. A perda da visão não implica, portanto, em uma falta de capacidade de se realizar observações, pois uma pessoa cega ainda pode reconhecer propriedades de um objeto ou ambiente pelas outras vias sensoriais. Em verdade, quanto mais sentidos forem empregados nesse processo, mais rica será a observação em questão, pois mais informações sobre o objeto de estudo estarão sendo recebidas pelo cérebro. Dessa maneira, a didática multissensorial é uma estratégia benéfica não somente para estudantes cegos ou com baixa visão, mas também para os videntes, que se tornam mais aptos a utilizar outros sentidos além da visão no estudo científico.

Vale dizer, ainda, que o fato de uma pessoa perder parcialmente ou totalmente a visão não faz com que ela adquira naturalmente habilidades extraordinárias com seus outros sentidos. O que acontece realmente é que essas pessoas passam algum tempo exercitando o tato, a audição, o paladar e o olfato, adquirindo treinamento no uso desses sentidos com o tempo (Soler, 1999).

Outro ponto importante de ser destacado é que adaptar o currículo de ensino para o emprego de uma didática multissensorial não demanda modificações nos conteúdos abordados, mas apenas nas estratégias metodológicas ou didáticas e nas atividades aplicadas. Isso porque os fundamentos psicológicos da aprendizagem significativa

são os mesmos tanto para estudantes com deficiência visual, quanto para os videntes, de tal modo que cegos ou pessoas com baixa visão estão aptos a estudar ciência em todos os níveis (Soler, 1999). Alterações nos critérios de avaliação são necessárias, portanto, apenas quando não houver igualdade de condições de aprendizagem do conteúdo estudado, e a didática multissensorial prevê e fornece as ferramentas para que essas condições sejam atendidas (Soler, 1999).

O autor separa os cinco sentidos em dois grupos: sintéticos e analíticos. Os sentidos sintéticos são aqueles que percebem um fenômeno de modo global, sendo a visão, a audição, o paladar e o olfato os sentidos que correspondem a essa classificação. O tato, por sua vez, é um sentido analítico. Isso quer dizer que ele percebe um fenômeno como o resultado de um conjunto de parcelas observadas. Soler (1999) determina que uma aprendizagem significativa requer que o estudante consiga combinar ambas as técnicas, de forma que possa analisar a partir da síntese ou sintetizar a partir da análise.

No caso do presente Trabalho de Conclusão de Curso, os principais sentidos empregados na utilização do jogo desenvolvido são a visão, a audição e o tato. Portanto, serão elucidadas a seguir as percepções de Soler (1999) acerca de cada um deles, a começar pela visão.

Um primeiro aspecto importante delimitado pelo autor sobre o sentido da visão indica que muitos elementos visuais detêm informações que podem ser apreendidas por outras vias sensoriais, de modo que

[...] as imagens mentais que tem uma pessoa cega do mundo que a rodeia são iguais às da população geral. Apesar de que a informação entre por outros canais receptores, o resultado é o mesmo (Soler, 1999, p. 21, tradução própria).

Quando uma atividade científica somente puder ser empregada com o uso da visão, que constitui uma minoria dos casos, a audiodescrição e o trabalho em equipe são de grande valia (Soler, 1999). Assim, a integralização entre videntes e pessoas com deficiência visual possibilita que os videntes descrevam e auxiliem os colegas com deficiência em atividades majoritariamente visuais, enquanto que os estudantes com deficiência, por possuírem maior treinamento na utilização de outros sentidos além da visão, podem auxiliar os videntes naquelas atividades que não sejam puramente visuais (Soler, 1999). Na verdade, a descrição verbal efetuada por um mediador não

só ajuda o estudante cego a compreender o que está acontecendo como também ajuda a reforçar o que o estudante vidente está enxergando, de tal forma que ele possa se atentar a detalhes que antes tenham passado despercebidos. Soler (1999) destaca ainda que a descrição de imagens e desenhos deve ser o mais detalhada possível, uma vez que a exatidão da imagem mental formada pelos estudantes cegos é proporcional ao nível de detalhes da descrição realizada.

O uso de elementos visuais, entretanto, não deve ser totalmente descartado, afinal estudantes videntes e com baixa visão ainda fazem uso desses elementos. Na realidade, deve-se incentivar e estimular o resto de visão aproveitável dos estudantes com baixa visão, adaptando não apenas os recursos educacionais, mas também elementos do entorno dos estudantes com baixa visão tais como a iluminação do ambiente e o uso de cores vivas e pôsteres (Soler, 1999).

Conforme explicitado anteriormente, a didática multissensorial não faz distinção de valor entre os cinco sentidos, tendo cada um igual importância. Assim sendo, a visão também deve ter seu espaço de uso no ambiente educacional. A crítica que se faz diz respeito à supervalorização da visão sobre os demais sentidos e sobre seu uso exclusivo no ensino de ciências, que prejudica estudantes com algum tipo de deficiência visual.

O segundo sentido de destaque deste Trabalho de Conclusão de Curso é a audição. Tal como previamente abordado no sentido da visão, é importante o uso de elementos audiovisuais como a descrição de um fenômeno ou a gravação de um ambiente sonoro. Soler (1999) define o ambiente sonoro como um conjunto de estímulos auditivos que são produzidos simultaneamente em um espaço e que possuem identidade própria. Esses estímulos podem ser positivos e negativos, sendo que estímulos positivos são aqueles agradáveis ao ouvinte, e estímulos negativos são aqueles não tão agradáveis. A caráter de exemplificação desses estímulos, tem-se sons naturais e musicais (positivos), silêncio (positivo), suavidade acústica (positivo), tom de voz animado ou amável (positivos), ruído (negativo), sons estridentes (negativo), explosões (negativo) e tom de voz autoritário (negativo), conforme caracterizados por Soler (1999). O autor denota a importância de, ao longo da educação das crianças, serem priorizados os estímulos auditivos positivos, de

modo que as crianças tenham maior predisposição ao uso da audição na aprendizagem das ciências.

O último sentido de destaque deste Trabalho de Conclusão de Curso é o tato. Segundo Soler (1999), o tato possui receptores que reconhecem textura, forma, tamanho, relevo, temperatura e sensações de dor, sendo o sentido que oferece ao cérebro a tipologia mais variada de informações. Tal como a audição, existe também a divisão entre estímulos positivos e negativos no sentido do tato, a exemplo das sensações táteis de pelúcia (positivo), algodão (positivo), neve (positivo), madeira (positivo), metal fino (positivo), cristal polido (positivo), veludo (positivo), flanela (positivo), lixa (negativo), papelão áspero (negativo), textura mucosa (negativo), metal oxidado (negativo), argila sem verniz (negativo), gelo (negativo) e objetos cortantes ou que queimam (negativos). A exposição das crianças a estímulos táteis positivos, de modo análogo aos auditivos, também levam a criança a uma maior predisposição ao uso do tato na aprendizagem das ciências (Soler, 1999).

É válido ter em vista, também, que o uso de representações bidimensionais de objetos tridimensionais, como imagens e fotografias, utiliza de uma linguagem exclusivamente visual que não dialoga com estudantes com deficiência visual, uma vez que o tato não é capaz de reconhecer esse código. Para aquelas pessoas que perderam a visão desde muito novas, o código visual não é sequer conhecido (Soler, 1999). Para tanto, o uso de pranchas científicas em relevo não é só bastante útil na aprendizagem de pessoas cegas, como às vezes se faz imprescindível, além de ser um recurso motivador para pessoas com baixa visão ou videntes (Soler, 1999).

Antes, porém, de se elaborar uma prancha científica em relevo, alguns pontos devem ser levados em consideração, conforme Soler (1999) indica. Em primeiro lugar, deve-se sempre dar prioridade para experimentações táteis tridimensionais em vez das bidimensionais. Quando, no entanto, isso não for possível em virtude do objeto a ser representado, as pranchas em relevo são indispensáveis. Em segundo lugar, as pranchas devem, sempre que possível, refletir a estrutura tridimensional dos objetos em representação. O terceiro ponto indica que as pranchas não podem estar sobrecarregadas de informação, conter detalhamentos desnecessários, deformações de perspectiva ou diferenças imperceptíveis de tamanho. O quarto ponto determina que as pranchas devem realçar as formas típicas de um objeto, de

tal modo que facilite sua identificação. O próximo ponto destaca que o sistema de diferenciação de cores deva ser substituído por um sistema de diferenciação de texturas e/ou de relevo, para que essa diferenciação entre os elementos possa ser percebida também pelo tato. O último dos apontamentos feitos pelo autor é que se tenha o cuidado de nunca utilizar uma prancha que simplesmente converta uma ilustração puramente visual em um sistema de relevo sem que sejam realizadas as devidas considerações e adaptações.

Almeida, Carijó e Kastrup (2010) afirmam algo similar em sua pesquisa. Os autores realizaram uma pesquisa com três diferentes formas de adaptação de obras de arte para pessoas com deficiência visual, sendo elas o uso de texturas variadas, de diferenciação de relevos e de esculturas. Conclui-se com a pesquisa dos autores que todas as três estratégias possuem seus benefícios e desafios. A utilização de alto relevo pode gerar alguns obstáculos, como o fato de que a noção de perspectiva, natural da visão, não é tão bem desenvolvida no tato, de modo que uma representação de dois elementos muito distantes numa mesma imagem em alto relevo possa levar a incompreensões e dificuldades. Outro problema dessa estratégia envolve a sobreposição de elementos, ou seja, diferentes planos justapostos em uma mesma imagem que dificultam o emprego de alto relevo. Além disso, a conversão de um elemento tridimensional para uma representação bidimensional pode gerar empecilhos para a experimentação e reconhecimento tátil. Por fim, ao se lançar mão de um material com propriedades distintas daquelas associadas aos elementos da imagem, e ao se utilizar apenas um tipo de material na construção de todo o alto relevo, a percepção pelo tato não é favorecida (Almeida; Carijó; Kastrup, 2010).

À diferença do uso de alto relevo, a utilização de texturas favorece a percepção não apenas da forma de um objeto, mas também de uma qualidade material. No entanto, uma mesma problemática se faz comum entre as duas estratégias: a transposição do tridimensional para o bidimensional. Um ponto importante de se considerar é que quando as texturas são empregadas não para representar uma textura própria de um material, mas para “traduzir” um código de cores, as texturas adquirem uma simbologia artificial que, sem o auxílio de uma convenção de códigos do que cada textura representa, tornam o bom aproveitamento da obra inviável. A utilização dessa estratégia nessas condições apresentadas favorecem um acesso

informacional em detrimento da potencialidade de um acesso estético (Almeida; Carijó; Kastrup, 2010).

A representação de elementos em esculturas exclui, em oposição às duas primeiras, o problema da transposição do tridimensional para o bidimensional. Contudo, existe ainda um grande dificultador que pode ocasionar em incompreensões pelo tato: as qualidades materiais que estão sendo utilizadas na escultura. Deve-se ter o cuidado, portanto, para que um componente maleável, fluido, macio não seja representado por pedra sólida ou mármore pois, ainda que a forma da escultura seja a mesma do objeto em questão, sua qualidade material influencia no processo de reconhecimento pelo tato (Almeida; Carijó; Kastrup, 2010). Isso não implica dizer que necessariamente devem-se empregar exatamente os mesmos materiais do objeto na escultura, mas ao menos materiais com propriedades próximas. Um último ponto a se considerar sobre essa estratégia é que algumas pessoas cegas podem se cansar após experimentarem algumas poucas esculturas, ainda que sejam pequenas e simples, o que pode estar associado à problemática das qualidades materiais já discutida (Almeida; Carijó; Kastrup, 2010).

Vale dizer que, apesar de todas as três estratégias possuírem seus próprios dificultadores, nenhuma delas deve ser totalmente abandonada. Isso porque, apesar de não serem perfeitas, oferecem um caminho que pode ao menos facilitar a acessibilização de um recurso puramente visual. E ademais, considerando um ambiente formativo escolar, o professor está presente durante a experimentação do recurso, podendo agir como um mediador que pode tornar o reconhecimento dos elementos adaptados menos tortuoso.

Soler (1999) define, ainda, quatro grupos de recursos didáticos: materiais tiflológicos, materiais adaptados, materiais normalizados e materiais convencionais recomendados. Os materiais tiflológicos são aqueles que são projetados expressamente para pessoas com deficiência visual, que costumam lançar mão de técnicas como a escrita em braille, uso de relevos ou equipamentos com voz incorporada que realizam a leitura de suas telas. Esses materiais, segundo o autor, devem estar presentes em todos os laboratórios acadêmicos por serem de grande utilidade a todos, cegos ou não. Os materiais adaptados são aqueles em que somente pequenas alterações são realizadas a fim de que uma informação

associada a um sentido possa ser percebida por outro. Os materiais normalizados são os que possuem propriedades multissensoriais natas, sem que seja necessária a realização de modificações para esse fim, sendo os mais adequados. Por fim, os materiais convencionais recomendados são aqueles comumente vendidos em mercado que possuem alguma propriedade que os torna mais apropriados na perspectiva multissensorial.

Considerando que as invenções científicas são primeiramente imaginadas para serem então concretizadas por intermédio da criatividade, uma didática multissensorial que influencie a criatividade e a imaginação pode contribuir para que as invenções, conseqüentemente, também se tornem multissensoriais (Soler, 1999). O presente Trabalho de Conclusão de Curso se configura como o desenvolvimento de um jogo por meio de uma prancha científica de MDF, planejada com recursos acessíveis desde sua primeira concepção, sendo passível de ser utilizada tanto por pessoas cegas, quanto videntes, em virtude de seu caráter multissensorial. O material desenvolvido configura-se, portanto, como um material normalizado que visa a inclusão no contexto de ensino da teoria atômica.

4. METODOLOGIA

A metodologia deste Trabalho consiste em quatro etapas: confecção do jogo, produção do manual, produção do material do professor e validação dos materiais desenvolvidos. A primeira etapa se deu por meio de uma parceria com o Projeto Incluir-Ciência¹ e seus colaboradores, que não apenas forneceram os equipamentos e materiais necessários, como também foram fontes de orientação durante o planejamento do recurso e sua efetivação. O jogo em si foi inspirado por um jogo já existente denominado Quartz, no qual o objetivo de cada jogador é obter a maior quantia em dinheiro. Para conseguir tal feito, os participantes precisam coletar cristais e vendê-los ao fim de um dia de trabalho (uma rodada), sendo que o jogo possui um total de cinco dias.

Para a confecção do jogo, foram utilizadas as placas de MDF de 3 mm de espessura e tamanho 60 x 40 cm disponibilizadas pelo Projeto Incluir-Ciência, cola de madeira e uma máquina de corte e gravação a laser, sendo os arquivos projetados através do programa Autolaser versão 3.3.5. O jogo consiste de quatro tabuleiros individuais nas dimensões de 30,6 cm x 54,8 cm e um tabuleiro central compartilhado de 38 cm x 58 cm. Cada um dos tabuleiros individuais está associado a um dos quatro cientistas que desenvolveram estudos sobre a teoria atômica, Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, cada um com suas próprias regras especiais. Nele estão presentes não apenas as regras e as imagens do cientista e do seu modelo, mas também um espaço para registrar as pontuações, para acomodar as peças coletáveis e um QR code contendo a audiodescrição do material. Além dos tabuleiros, o jogo ainda dispõe de cartas de ação também adaptadas do jogo Quartz. Todos os tabuleiros, peças e cartas foram produzidos com escrita tanto em grafia comum, quanto em *braille*.

Para o desenvolvimento da primeira etapa do trabalho, foram realizados alguns encontros com a equipe do Projeto Incluir-Ciência para planejamento e execução

¹ O Projeto Incluir-Ciência é uma iniciativa de pesquisa integrada a um conjunto de ações de extensão desenvolvidas no Laboratório Maker do CEFET-MG e no grupo de pesquisa Analogias, Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência (AMTEC/GEMATEC). Vinculado à linha de pesquisa Práticas Educativas e Tecnologias Educacionais do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica (PPGET) do CEFET-MG, o projeto reúne doutorandos, mestrandos, graduandos e estudantes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio da instituição. <https://www.ppget.pesquisa.cefetmg.br/projetos-da-linha-iv-praticas-educativas-e-tecnologias-educacionais/projeto-incluir-ciencia/>

dos projetos no Autolaser 3.3.5., verificação da escrita *braille* e sugestão de referências a serem incorporadas neste trabalho. Antes do planejamento inicial do primeiro arquivo também foi realizado um encontro com dois participantes associados ao Projeto Incluir-Ciência que possuem deficiência visual, identificados como A1 e A2, ambos mestrandos do CEFET-MG. Ambos deram apontamentos iniciais de recursos e ideias a serem pensadas para se incorporar no material do jogo. Esse encontro foi gravado em áudio com consentimento dos envolvidos e com assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado no apêndice C, para posterior análise.

A etapa de construção do jogo durou cerca de cinco meses, iniciando-se a partir do primeiro encontro realizado com A1 e A2 no dia 12 de junho. Os participantes, além de avaliarem as dinâmicas de jogo propostas, deram importantes direcionamentos sobre quais vias de acessibilização poderiam ser pensadas e indicaram alguns referenciais teóricos importantes para o Trabalho.

Entre os principais apontamentos fornecidos, destacaram-se a necessidade de uma lista contendo a descrição em *braille* dos efeitos das cartas de ação do jogo. Isso porque as cartas haviam sido planejadas inicialmente contendo muita informação visual, como a quantidade de pontos que ela vale, seu nome, uma descrição de seu efeito e uma imagem no centro para ilustrá-la. Se esses elementos fossem mantidos, seria necessário adaptar cada um deles, seja por meio de *braille* ou de um QR code contendo uma audiodescrição em cada carta. Caso o *braille* fosse selecionado, a carta ficaria grande demais para manuseio, dificultando a jogabilidade. Caso o QR code fosse selecionado, a jogabilidade também seria prejudicada, pois os participantes precisariam utilizar o celular a todo momento para descobrir o efeito de suas cartas. Além disso, o uso de um QR code faria com que os adversários também conseguissem ouvir o áudio sendo reproduzido e descobrissem as cartas do jogador mais facilmente, indo contra a expectativa do jogo em manter as cartas em segredo.

Para solucionar esse problema, foi elaborado um apêndice a ser incorporado no fim do manual do jogo, contendo a descrição em *braille* sugerida. As cartas, por sua vez, passaram a conter somente seu nome em *braille*, mantendo-se em um tamanho agradável e permitindo mantê-las em segredo.

Outra grande preocupação apresentada por A1 e A2 foi em relação ao tamanho e complexidade demandado pelo jogo, uma vez que haviam muitos elementos constituindo-o e muitas partes avulsas. Portanto, deste ponto em diante tentou-se ao máximo reduzir os textos presentes nos tabuleiros e simplificá-los o quanto fosse possível.

Um último ponto importante de destaque está relacionado ao sorteio das peças coletáveis. Segundo as regras do jogo, o jogador pode escolher realizar em seu turno a ação de pegar ao acaso uma das peças coletáveis, porém existe nesse processo a problemática de como tornar essa mecânica acessível a pessoas com deficiência visual. No primeiro protótipo do jogo, ainda sem qualquer acessibilização, as peças coletáveis eram discos de biscoito com o nome de cada partícula escrito em papel em grafia comum. Como alternativa, pensamos em simplesmente adicionar a grafia *braille* aos discos, mas não sabíamos se uma pessoa cega conseguiria identificar o *braille* facilmente, eliminando o aspecto da sorte na coleta.

Cogitamos remover o processo do jogador tocar e pegar a peça no sorteio, incorporando uma mecânica que restringia o contato com ela. Assim, as peças seriam bolas de bingo projetadas em impressoras 3D que teriam na superfície algum código de indicação de qual partícula representam, e a ferramenta de sorteio do clássico jogo de bingo seria utilizada para impedir o reconhecimento direto pelo tato. Entretanto, tanto A1 quanto A2 disseram não haver necessidade de se propor essa mecânica apenas para essa finalidade, pois o reconhecimento do *braille* no sorteio não seria tão fácil quanto imaginávamos e não prejudicaria o funcionamento do jogo. Dessa forma, optou-se por apenas incorporar o *braille*.

Na semana posterior a esse encontro, foi projetado o primeiro rascunho do jogo no programa Autolaser 3.3.5., que foi avaliado presencialmente por uma das integrantes do Projeto Incluir-Ciência. Desse ponto em diante, o desenvolvimento dessa etapa se deu por muitos encontros com a professora e demais envolvidos com o Projeto. As primeiras reuniões focaram em aprimorar o rascunho, planejar melhor o design do recurso de forma a torná-lo mais acessível e torná-lo mais simples, além da realização de testes de funcionamento da máquina e de quais parâmetros de laser seriam adotados para o corte e gravação do MDF. Pelo fato de o jogo ter sido confeccionado em um Labmaker usado em muitas disciplinas e

projetos diferentes, a máquina estava sujeita a algumas alterações no foco do laser. Em virtude disso, os parâmetros de potência e velocidade do laser estavam sujeitos a variações sutis, mas no quadro 1 é possível obter algumas indicações gerais.

Quadro 1: Parâmetros empregados na máquina de corte e gravação a laser

Finalidade	Modo	Poder máximo (%)	Velocidade do laser (mm/s)	Direção
Destacar da placa de MDF	Cortar	50	20	Sem especificação
Linhas finas	Cortar	30	60	Sem especificação
Escritos e marcações	Gravar	20	200	X bi-direcional
QR code	Gravar	10	300	X bi-direcional

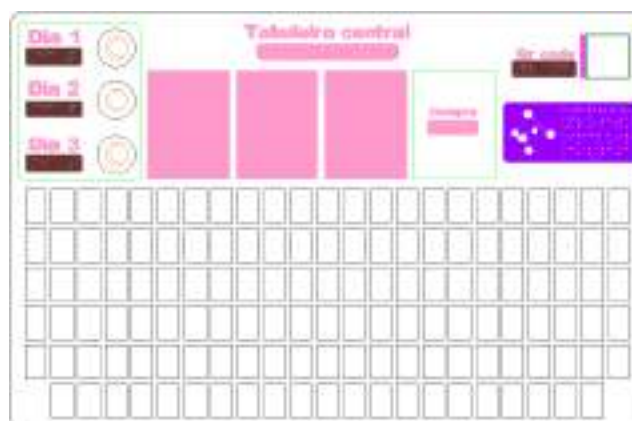
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

As placas de MDF, e todos os demais materiais empregados na confecção dos tabuleiros foram cedidas pelo professor coordenador do Projeto Incluir-Ciência. Feitos os ajustes e testes necessários, levou-se cerca de três meses até que todos os componentes fossem confeccionados, com a média de uma visita por semana ao Labmaker do CEFET-MG dedicada à confecção do jogo.

No mês de novembro, foi realizado um segundo encontro com os participantes A1 e A2, para que os dois pudessem avaliar se as decisões tomadas durante o processo de confecção do jogo realmente promoveram a acessibilização das mecânicas e a inclusão de estudantes cegos em sua proposta. Tal como a primeira reunião realizada com eles, o segundo encontro também foi gravado em áudio com consentimento de todos os envolvidos.

As figuras 1, 2, 3, 4 e 5, a seguir, mostram os arquivos virtuais que foram projetados para a máquina utilizada no Labmaker, sendo a figura 1 o arquivo virtual do tabuleiro central, e as demais os tabuleiros individuais de cada jogador.

Figura 1: Arquivo virtual do tabuleiro central



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 2: Arquivo virtual do tabuleiro de Dalton



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 3: Arquivo virtual do tabuleiro de Thomson



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 4: Arquivo virtual do tabuleiro de Rutherford



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 5: Arquivo virtual do tabuleiro de Bohr



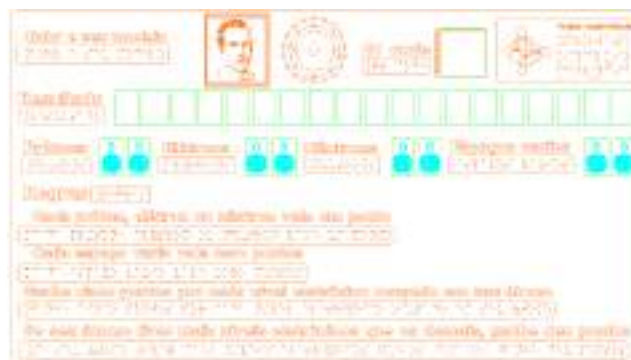
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

As regiões do arquivo ocupadas apenas por linhas finas são regiões de corte, enquanto que aquelas coloridas representam áreas a serem gravadas. No Autolaser 3.3.5., cada uma das cores observadas no arquivo representa uma “camada”, e apesar de os parâmetros terem sido praticamente os mesmos para todas as áreas gravadas, foi necessário separá-las. Isso foi necessário pois, caso todas estivessem na mesma camada, o laser entenderia todas as informações como uma parte só do arquivo e percorreria a prancha de MDF inteira até executá-la, aumentando o tempo de confecção. E, mesmo com esses cuidados, cada tabuleiro levou cerca de três horas para ser concluído, enquanto que as peças avulsas, como os QR codes e as peças coletáveis, levaram cerca de oito horas.

Com o intuito de criar áreas de encaixe para as peças coletáveis e os marcadores numéricos, cada tabuleiro conta com duas camadas de prancha de MDF coladas uma à outra. Na primeira, abaixo, programou-se o arquivo para que contivesse apenas as marcações de indicação para uma colagem correta das pranchas. Além

dessas informações, os tabuleiros individuais contavam ainda com uma gravação numérica, conforme demonstrado na figura 6. As linhas em laranja representam comandos de corte e gravação desativados, ignorados pelo laser.

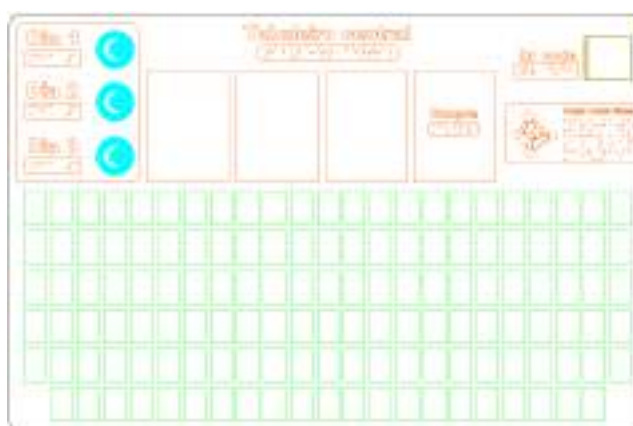
Figura 6: Arquivo virtual da camada de baixo do tabuleiro de Bohr



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

No tabuleiro central, por sua vez, a primeira camada continha uma gravação de três luas, indicando a passagem dos dias, conforme possível de ser observado na figura abaixo.

Figura 7: Arquivo virtual da camada de baixo do tabuleiro central



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

As peças avulsas também foram executadas em duas camadas, de modo que a primeira não contivesse nenhuma informação, com exceção dos QR codes, e servisse apenas para promover o encaixe das peças. Pelo fato de os QR codes serem avulsos e não existir nenhuma indicação de qual informação está contida em cada um, podendo ocasionar dificuldades no uso das audiodescrições, a camada de

baixo de cada um contou com uma abreviação de a qual tabuleiro ele está associado, assegurando a correta associação do QR code com seu tabuleiro.

Durante a segunda reunião com A1 e A2, foi observado que as cartas de ação, por sua vez, poderiam ter apresentado melhoras. Alguns nomes das cartas não couberam na orientação horizontal, tendo sido escritas na vertical. Para evitar confusões na orientação das cartas, foi sugerido fazer um pequeno corte no canto direito superior de cada uma, conforme a orientação adequada, para uma melhor identificação.

Na segunda etapa, desenvolveu-se o manual do jogo, apresentado no apêndice A, que contém não apenas as regras de seu funcionamento, mas também um texto introdutório que propõe uma discussão inicial sobre a elaboração de modelos científicos, além de um apêndice contendo um detalhamento de cada carta de ação do jogo. Para esse recurso, optou-se por não se utilizar da grafia *braille* em todas as páginas, somente no apêndice, que serve de guia para consulta durante todo o jogo. Em vez disso, foi anexado em cada página do manual um QR code contendo uma audiodescrição de seu conteúdo. Esta foi uma recomendação dos participantes A1 e A2, para que as cartas não ficassem muito grandes, o que poderia dificultar o seu manuseio.

A etapa de escrita do manual do jogo se iniciou em cerca de um mês depois da reunião com A1 e A2, tendo sido escrito o primeiro rascunho do documento no dia 27 de julho. Deste ponto em diante o manual passou por algumas poucas revisões e ajustes, mas não foi o foco da pesquisa até que todos os tabuleiros fossem confeccionados e as mecânicas do jogo estivessem realmente estabelecidas. Quando essa parte havia sido concluída, o manual do jogo passou a ter maior destaque e foi finalizado em outubro, já contendo um QR code em cada página linkado a uma audiodescrição da página em questão.

O material do professor (apresentado no apêndice B), por sua vez, se tornou um dos focos da pesquisa somente após a finalização da escrita do referencial teórico, para que fossem fornecidos direcionamentos válidos para os professores que queiram se valer da sequência didática proposta. O material descreve como o recurso se relaciona ao Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG) (Minas Gerais, 2025) e fornece orientações sobre o número de aulas sugeridas, formas de mediar o uso do

recurso e para qual público ele foi planejado. Além disso, o material do professor indica a qual fase de ensino cada parte se encaixa e aponta sugestões de caminhos a serem tomados com o uso do jogo. Em questão de recursos de acessibilidade, também optou-se nesta etapa por utilizar apenas QR codes com audiodescrição das páginas.

Para a produção das audiodescrições, utilizou-se o site Narakeet na linguagem português - Brasil e na voz identificada como Thiago. Foram escritos roteiros para as audiodescrições dos tabuleiros e das páginas dos documentos, de modo que o texto foi então copiado no Narakeet e o áudio foi gerado pelo próprio site. Os áudios gerados na versão gratuita, no entanto, possuíam um limite de tempo de um minuto de duração, então foi necessário produzir trechos separados que foram posteriormente unidos com um programa virtual de edição de áudio e vídeo chamado Clideo².

Por fim, a última etapa deste Trabalho consistiu em validar todos os materiais desenvolvidos nas etapas anteriores. Para tanto, nos reunimos novamente com A1 e A2 e pedimos para que eles avaliassem a acessibilização dos recursos. Assim, além dessa contribuição, sugeriram mais algumas melhorias que poderiam ser adotadas. Ao fim de todas essas etapas, os dados foram analisados na seção de resultados e discussão deste Trabalho.

² Clideo é um editor de vídeo e áudio que permite a realização de funções como cortar, mixar, mesclar e comprimir arquivos. <https://clideo.com/pt>.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito na metodologia, o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso contou com quatro etapas, estando os resultados da primeira etapa ilustrados nas figuras abaixo.

Figura 8: Tabuleiro central finalizado



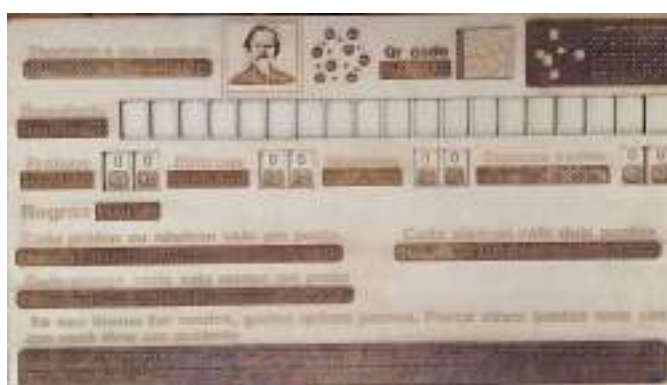
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 9: Tabuleiro de Dalton finalizado



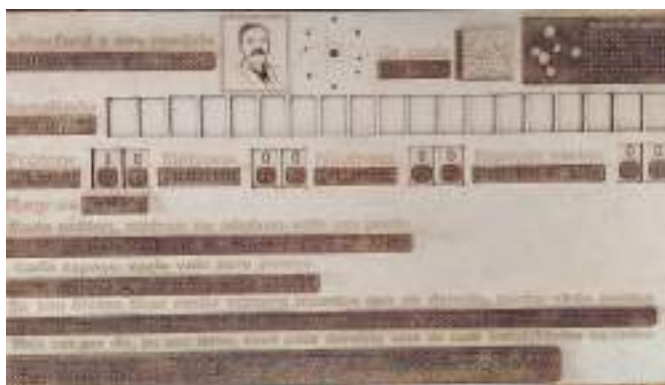
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 10: Tabuleiro de Thomson finalizado



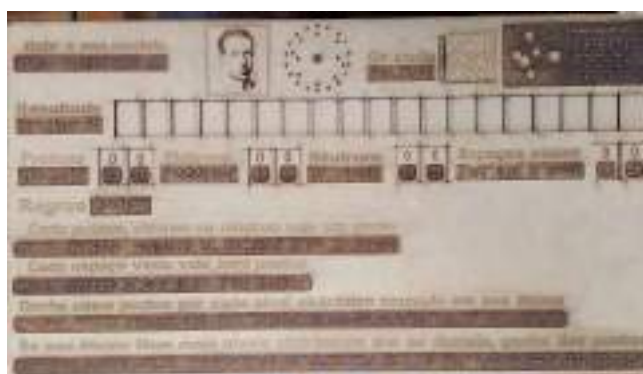
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 11: Tabuleiro de Rutherford finalizado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 12: Tabuleiro de Bohr finalizado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 13: Verso do QR code do tabuleiro de Thomson



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Como se pode observar, o tabuleiro central da figura 8 possui no topo superior esquerdo uma área delimitada para marcação dos dias (rodadas) do jogo, e mais à direita estão as áreas destinadas ao posicionamento das cartas de ação, o QR code

com a audiodescrição do tabuleiro e o logotipo do Projeto Incluir-Ciência. Abaixo desses elementos estão os marcadores numéricos que são utilizados para registrar a quantidade de peças coletadas. Segundo a avaliação de A1 e A2, a audiodescrição está clara e objetiva, permitindo uma boa identificação de cada um desses elementos. O *braille*, por sua vez, ficou muito bem feito e legível. As áreas destacadas da carta foram um bom recurso adotado, mas foi sugerido pelos participantes que a quantidade de cartas na pilha de compra fosse menor, ao menos nas primeiras partidas, para que as pessoas com deficiência visual se acostumem com o tabuleiro e não esbarrem na pilha com tanta frequência.

Quanto aos tabuleiros individuais de cada jogador (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr), as críticas foram bem semelhantes. A qualidade do *braille* estava tão boa quanto no tabuleiro central, assim como a audiodescrição. Os recursos adotados para registro do decorrer do jogo foram bem avaliados pelos dois e, segundo eles, a descrição das imagens tanto dos modelos quanto dos cientistas estão bem executadas. É válido destacar que ambos os participantes disseram que a imagem dos cientistas não são de tanta significância para quem possui deficiência visual, mas nem por isso são menos válidas. Isso porque, apesar disso, deve-se considerar que o jogo foi planejado para ser usado tanto por pessoas cegas, quanto videntes, visando a efetiva inclusão e não apenas uma acessibilização. Assim, não seria possível elaborar algo para todos se não forem incluídos também recursos para os videntes.

Com relação às cartas de ação, o *braille* também foi feito corretamente e a seleção do material das cartas foi muito bem sucedida. As cartas são divididas entre cartas de uso independente e de defesa, representadas visualmente pela diferenciação de cores (azul para cartas de uso independente e vermelho para cartas de defesa), mas podem ser identificadas também por pessoas cegas pela descrição escrita das cartas. Algumas delas podem ser vistas na figura 14.

Figura 14: Cartas de ação e de defesa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

As peças coletáveis apresentaram o mesmo problema de orientação das cartas, porém em menor extensão pelo fato de que existe uma gravação em grafia comum no topo da peça, indicando a orientação adequada. As peças foram colocadas dentro de um saco de textura suave, para sorteio. Algumas das peças podem ser observadas na figura 15, abaixo.

Figura 15: Peças coletáveis do jogo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Alguns elementos do manual também foram avaliados pelo A1 e pelo A2. Os QR codes foram claros assim como os dos tabuleiros, e a duração dos áudios, apesar de mais extensa, não é algo ruim, pois a quantidade de informação é a mesma tanto para videntes, quanto para cegos. A escrita em *braille* no apêndice, contendo a descrição das cartas, também foi elogiada, mas uma sugestão apontada pelos dois é que se pule uma linha sempre, para que pessoas com alguma dificuldade com *braille* possam acessar o recurso mais facilmente.

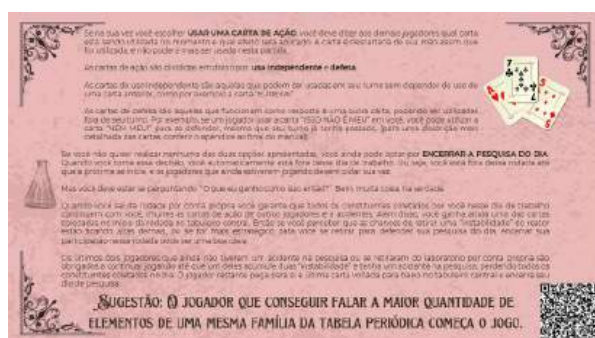
As figuras 16 e 17 apresentam algumas páginas do manual, e a figura 18 apresenta uma das páginas do apêndice, com a escrita em *braille*.

Figura 16: Página 3 do manual do jogo



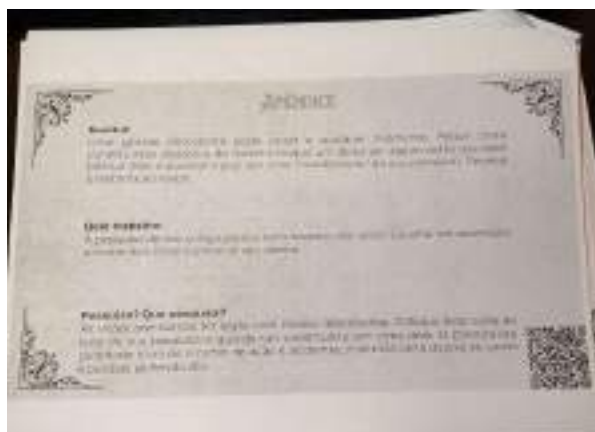
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 17: Página 5 do manual do jogo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 18: Página 7 do manual do jogo, com descrição em *braille* das cartas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

No início do manual foi incorporado um texto introdutório, disponível para leitura no apêndice A, que busca problematizar com os estudantes a construção de um modelo científico, fazendo uso de uma analogia entre a construção de modelos e o

conhecimento sobre aves de um grupo isolado de pessoas. O objetivo disso é proporcionar ao estudante um exercício mental que visa possibilitar a apreensão das ideias de Melo e Neto (2013), Ferreira e Justi (2008) e Caro *et al.* (2009) de que a ciência não é algo imutável, mas sim um empreendimento social em constante desenvolvimento, e que um modelo atômico não substitui o anterior, mas o complementa.

Assim como no manual, todas as páginas do material de apoio ao professor continham um QR code linkado a uma audiodescrição de cada página em questão, também bem avaliados pelos dois participantes da validação. A figura 19 apresenta uma das páginas do material do professor.

Figura 19: Página 5 do material de apoio ao professor



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Uma partida de Modelatom é composta por três rodadas, chamadas de dias, sendo a rodada ativa marcada por meio da peça do sol no tabuleiro central. A cada dia, é posicionada uma carta do monte de compra em uma das áreas destacadas ao lado do monte. Portanto, o tabuleiro central se qualifica como um componente organizacional do jogo, registrando cada etapa e seus resultados. Um jogador pode, em seu turno, realizar somente uma destas três ações: usar uma de suas cartas de ação, pegar uma peça coletável (constituente do átomo) na sacola de sorteio (reator), ou encerrar seu dia de trabalho no laboratório. Cada jogador inicia o jogo com cinco cartas em sua mão, e uma carta nova é adquirida por todos os jogadores no início do segundo e terceiro dias. Outra forma de se adquirir uma nova carta é encerrando seu dia de trabalho, pois, ao realizar esta ação, o jogador pega a carta mais à esquerda disponível nas áreas destacadas ao lado do monte de compra.

As cartas azuis que um jogador possua podem ser usadas em seu turno independentemente e as cartas vermelhas, por sua vez, são utilizadas como resposta a uma carta azul específica de um oponente direcionada ao jogador, sendo portanto utilizada fora de seu turno. Por exemplo, se o jogador 1 aplica a carta “Isso não é meu!” no jogador 2 em seu turno, o jogador 2 pode, fora de seu turno, se defender dessa ação aplicando a carta “Nem meu!”.

A ação de coletar uma peça permite ao jogador pegar ao acaso uma peça dentro do reator, podendo ser uma de cinco constituintes do átomo diferentes: Prótons, elétrons, nêutrons, espaços vazios e instabilidades. Evidentemente, espaços vazios e instabilidades não são uma entidade física e mensurável do átomo, mas foram incorporadas ao jogo com fins lúdicos e as devidas considerações sobre essa questão foram abordadas no manual do jogo, cabendo ao professor mediador reafirmar essa observação com os estudantes quando julgar necessário. Cada cientista está associado a um modelo, e portanto cada um pontua de modo distinto sobre cada uma das peças coletáveis. Assim, alguns cientistas se beneficiarão mais ao coletar um tipo específico de constituinte, e no fim dos três dias de trabalho, ganha aquele cientista que conseguir mais pontos com base nas peças coletadas durante o jogo.

Existe um tipo de peça, no entanto, que possui um efeito comum a todos os jogadores: a instabilidade. Caso um jogador possua duas instabilidades simultaneamente em seu tabuleiro, é dito que sua pesquisa teve um acidente, e ele é obrigatoriamente retirado desse dia de trabalho até que um novo se inicie, perdendo assim todas as peças coletadas no dia do acidente.

Por fim, a ação de encerrar o dia de trabalho oferece ao jogador uma opção segura caso o jogo fique muito arriscado. Por um lado, o jogador, ao realizar esta ação, garante que suas peças estejam imunes a acidentes e cartas de ação, mas, por outro, deixa de participar do jogo até que um novo dia se inicie. Por existir uma quantidade limitada de cada constituinte, a tendência é que a chance de se retirar uma instabilidade do reator aumente conforme as demais peças forem sendo coletadas. E, conseqüentemente, as chances de um jogador pegar duas instabilidades e ser retirado involuntariamente da rodada também aumentam. Portanto, os estudantes precisam ponderar riscos e recompensas, além de exercitar

o pensamento estratégico, para decidir quando é um bom momento para se retirar da rodada voluntariamente e se manter seguro. Uma nova rodada se inicia quando todos os jogadores tenham se retirado do dia de trabalho, seja de forma voluntária ou não.

Em cada tabuleiro individual existem vacâncias abaixo das ilustrações dos cientistas e seus modelos, que é a área onde os jogadores posicionam os constituintes coletados durante a rodada. Cada jogador deve, ao fim de cada dia, contar quantos constituintes de cada tipo ele adquiriu no dia, e registrar por meio dos marcadores numéricos do tabuleiro central esse valor, logo abaixo da área “resultado”. Mais abaixo, estão descritas as regras de pontuação específicas de cada cientista.

Ao final deste Trabalho existe uma seção de apêndices em que se pode ler o manual de instruções para melhor compreensão de detalhamentos e regras sobre o jogo, bem como um apêndice do material de apoio ao professor.

Conforme a classificação de Cleophas, Cavalcanti e Soares (2018), existem três possibilidades de classificação para jogos em contexto educacional: educativo informal, educativo formalizado didático e educativo formalizado pedagógico. Entendemos, entretanto, que associar o recurso produzido nesta pesquisa a somente uma dessas classificações não é uma tarefa simples, e é inteiramente dependente de a qual uso ele foi destinado. Isso porque, apesar de o jogo ter se inspirado em um jogo já existente, o produto final apresenta mecânicas inexistentes no jogo original e regras adicionais que quase o tornam um produto independente, além de ter sido completamente ressignificado e planejado tendo um público alvo (pessoas com deficiência visual) em foco que teve participação ativa no seu desenvolvimento.

Além disso, não existe somente um conteúdo formativo anexado ao jogo, mas sim vários que podem ser utilizados ou não em virtude das escolhas pedagógicas do professor. E, a depender de qual desses conteúdos seja escolhido, o jogo pode ser utilizado tanto para iniciar uma problemática a ser discutida em aula, quanto para a sua finalização. Assim sendo, acreditamos que a classificação do jogo depende também de sua finalidade.

A proximidade do recurso desenvolvido com o referencial teórico adotado se torna evidente nessa problemática pois, pelo fato do jogo (ferramenta cultural) ter utilizado materiais e mecânicas e ter se inspirado em algo que não foram projetados inicialmente com a intenção de promover a inclusão ou se valer de uma intencionalidade pedagógica, os interesses do jogo podem não coincidir exatamente com aqueles do professor mediador. Assim, o jogo pode restringir tanto quanto possibilitar ações.

Esse é o problema expresso na obra de Wertsch (1998), o qual indica que muitas ferramentas culturais foram inicialmente originadas em contextos que não são os mesmos dos quais são efetivamente empregados, criando limitações em seu uso para além dos benefícios visíveis. Portanto, consideramos que é papel do professor estar ciente de que o jogo pode não ser a melhor opção de recurso didático para toda e qualquer turma, sendo necessário avaliar em quais contextos e situações ele pode ser melhor aproveitado. Porém, também é válido lembrar que o jogo oferece uma rota alternativa para ensino do conteúdo de modelos atômicos, e conforme Pereira e Ostermann (2012) afirmam, é necessário reflexão sobre qual ferramenta cultural é melhor empregada em determinada tarefa. Dessa forma, estudantes que tenham apresentado dificuldades com os métodos tradicionais de ensino podem encontrar em nosso jogo um modo melhor de demonstrar sua apropriação dos conceitos formativos, e talvez até se sobressair em relação aos demais estudantes.

Verifica-se, ainda, que o jogo cumpre com os pressupostos de Soler (1999) e Almeida, Carijó e Kastrup (2010), uma vez que não abre mão de recursos sensoriais para além da visão e compreende as dificuldades associadas à representação bidimensional de elementos tridimensionais. Durante o processo de validação do recurso, ficou claro que ambos os avaliadores consideraram os recursos benéficos e bem aproveitados, além da audiodescrição ter contribuído fortemente para uma melhor apropriação do material desenvolvido. Nesse sentido, o jogo cumpre seu objetivo em oferecer uma via inclusiva, acessível e lúdica de ensino da teoria atômica, uma vez que as tecnologias assistivas permitem seu uso não apenas individualmente, mas em conjunto com todo um grupo.

Na perspectiva de Santiago e Santos (2015), o recurso desenvolvido se mostra como um veículo de mudança atuante na dimensão das políticas, representando um

plano de ação para inclusão de estudantes cegos no ensino de química com qualidade. Também, representa um material que visa a acessibilidade em âmbito metodológico e instrumental, conforme a classificação de Sassaki (2009).

Além disso, segundo a classificação de Avanço e Lima (2020), o recurso didático desenvolvido se qualifica enquanto jogo educativo, pelo fato de haver uma intencionalidade pedagógica por trás dele, aliando uma finalidade formativa ao lúdico. E, apesar de Avanço e Lima (2020) apontarem o risco de a função lúdica se sobressair sobre o processo formativo, de modo que a intenção pedagógica se perca, esse problema, se existente, pode ser contornado pela mediação do professor que o está utilizando.

Por fim, conforme a classificação de Arnaud (2024), o jogo desenvolvido se qualifica enquanto um jogo de tabuleiro, devido aos elementos empregados nele tais como eventos que mudam a dinâmica do jogo (cartas de ação e sorteio de peças) e o próprio uso de tabuleiros. Além disso, a proposta se baseia na Aprendizagem Baseada em Jogos, pois não foi empregado somente mecânicas de jogos no recurso confeccionado, mas ele próprio é um jogo imbuído de finalidades educativas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se através das informações descritas neste Trabalho que o objetivo explicitado foi efetivamente cumprido, tendo em vista que o jogo criado realmente foi capaz de dialogar com a temática da teoria atômica e teve seus recursos de acessibilização e inclusão validados. Pelo que foi descrito na metodologia e nos resultados e discussão, torna-se evidente a importância de se ter a participação do público alvo da proposição de um recurso inclusivo desde sua primeira concepção. Fato, este, que também foi expresso pelos próprios participantes A1 e A2 durante os dois encontros de validação realizados. Afinal, são os grupos minoritários (neste caso, as pessoas com deficiência visual) que sentem e entendem as dificuldades sofridas diariamente pela falta de ambientes inclusivos e acessíveis. Portanto, se mostrou mais valioso contar com a participação do público alvo desde o início do que apenas ouvir suas impressões após todo o recurso ter sido desenvolvido.

Nessa perspectiva, o jogo Modelatom rompe com o paradigma da adaptação para dar lugar ao paradigma da criação. Isso porque o jogo não é uma simples adaptação do jogo original, o Quartz, mas é o produto de uma ressignificação, algo planejado e criado com uma finalidade própria e tendo em vista um público alvo. No jogo original, por exemplo, sequer existem tabuleiros individuais com personagens diferentes, e as regras de pontuação são as mesmas para todos os jogadores. Assim, Modelatom não é um mero ajuste de algo já existente ao qual foi atribuído uma nova intencionalidade, mas algo que foi pensado em si mesmo. As peças, as mecânicas e os objetivos foram ressignificados para que algo novo surgisse.

Outro ponto importante de ser considerado é que o jogo desenvolvido se provou algo possível de ser utilizado por todos, principalmente se o uso do recurso estiver alinhado com uma mediação docente. E, com isso, prova-se o benefício de se pensar na criação de um material imbuído de multissensorialidade desde o início: múltiplos sentidos são explorados para perceber uma mesma informação, então mesmo que um ou mais sentidos estejam comprometidos, a informação ainda pode ser captada. Isso significa, por exemplo, que apesar de o jogo focar principalmente no uso de pessoas videntes e cegas, nada impede que pessoas surdas também

possam se fazer valer do recurso, principalmente se um intérprete de libras fizer parte da mediação do material.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso admite o posicionamento, portanto, de que a escassez de pessoas com deficiência na comunidade científica não se dá por suas limitações, mas porque o modo como a ciência foi construída carece de uma mudança de paradigma. E, nesse viés, talvez não sejam as pessoas que possuem deficiência e por isso não participam do fazer científico, mas talvez o fazer científico seja deficiente e por isso essas pessoas não participam dele.

Algo importante a ser observado é que os quatro jogadores representam os quatro cientistas principais da teoria atômica, e todos estão jogando simultaneamente. Ou seja, as mecânicas do jogo em si também colocam em questão que não existe um modelo correto, mas diferentes formas de se explicar um mesmo fenômeno. Assim, o jogo cumpre o objetivo de problematizar a construção de modelos científicos, pois além das mecânicas, foi elaborado um texto introdutório no manual do jogador que retoma a problemática e fornece ferramentas para que a discussão seja mais aprofundada.

Numa perspectiva mais acadêmica, o Trabalho de Conclusão de Curso proposto nesta pesquisa se mostra uma inovação na área pois, ao que tivemos acesso, não foi encontrado nenhum outro trabalho similar. É imprescindível que sejam desenvolvidos recursos pedagógicos acessíveis e inclusivos que não sejam somente adaptações dos modelos dos átomos em si, ou dos experimentos que levaram à sua proposição, mas outras atividades a que os demais estudantes também têm acesso, como os jogos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria Clara de; CARIJÓ, Filipe Herkenhoff; KASTRUP, Virgínia. Por uma estética tátil: sobre a adaptação de obras de artes plásticas para deficientes visuais. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 22, n. 1, p. 85-100, 2010.

ARAÚJO, Breno Severiano Alves; RIBEIRO, Andressa Gobbi Alves; PIMENTA, Daniela Barbosa; DORNELES, Edinéia Polato. Tabuleiro químico: jogo desenvolvido com os conteúdos “modelos atômicos” e “distribuição eletrônica”. *In: Encontro Mineiro sobre Investigação na Escola*, 6., 2015, Uberaba.

ARAGÃO, Amanda Silva. **Ensino de química para alunos cegos: desafios no ensino médio**. Orientadora: Katia Regina Moreno Caiado. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Educação Especial, Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2012.

ARNAUD, Anike Araujo. Jogos e atividades lúdicas no ensino de Química: a experiência de planejar e implementar uma disciplina. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 4, p. 243-250, 2024.

AVANÇO, Leonardo Dias; LIMA, José Milton de. Diversidade de discursos sobre jogo e educação: delineamento de um quadro contemporâneo de tendências. **Educação e Pesquisa**, v. 46, p. 1-17, 2020.

BARBOSA, Marcela dos Santos; PIO, José Luiz de Souza. Aprendizagem de modelos atômicos em atividades colaborativas com mapeamento da zona de desenvolvimento proximal em jogos móveis. **Conjecturas**, v. 21, n. 4, p. 677-697, 2021.

CAMARGO, Luana Carol de; ASQUEL, Sara de Simas; OLIVEIRA, Brenno Ralf Maciel. Problematizando o ensino de modelos atômicos: estudo das representações e o uso de um jogo didático. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 3, p. 197-213, 2018.

CARO, Carmen de; PAULA, Helder de; BARBOSA, Mairy; CAIXETA, Maria Emília; SOARES, Nilma; AGUIAR, Orlando; SCHMITZ, Ruth; MOURA, Selma. **Construindo Consciências**: Assessoria Pedagógica. São Paulo: Scipione, 2009.

CHAVES, Lúcia M. Martinho Pereira; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014.

CLEOPHAS, Maria das Graças; CAVALCANTI, Eduardo Luiz Dias; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Afinal de Contas, é Jogo Educativo, Didático ou Pedagógico no Ensino de Química/Ciências? Colocando os Pingos nos “is”. *In: CLEOPHAS, Maria das Graças; Herbert Flora Barbosa. Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências*: teorias de aprendizagem e outras interfaces. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2018. p. 33-43.

FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

FERRY, Alexandre da Silva. PROJETO INCLUIR-CIÊNCIA: ações de extensão na articulação com a pesquisa e o ensino para inclusão de pessoas com deficiência visual. **UFF & SOCIEDADE**, v. 4, n. 4, p. 1-15, 2024.

FREITAS, Marcos Cezar de. Educação inclusiva: Diferenças entre acesso, Acessibilidade e inclusão. **Cadernos de Pesquisa**, v. 53, p. 1-16, 2023.

FREITAS-REIS, Ivoni; FERNANDES, Jomara M.; FRANCO-PATROCÍNIO, Sandra; FARIA, Fernanda L.; CARVALHO, Vinícius. Adaptações táteis de modelos atômicos para um ensino de química acessível a cegos. *In: Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 10., 2017, Sevilla. **Anais [...]** Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2017. p. 4015-4020.

JUSTI, Rosária da Silva. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

LEITE, Luciana Rodrigues; RODRIGUES, Acácio Paiva; ARAGÃO, Fabiana Martins; LIMA, Maria Socorro Lucena; MOURA, Francisco Nunes de Sousa; FIRMINO, Nairley Cardoso Sá; NASCIMENTO, Francisco Jeovane do; CASTRO, Eliziane Rocha. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 11, n. 2, p. 177-188, 2020.

MARANHÃO, Josinaldo da Costa; DAXENBERGER, Ana Cristina Silva; SANTOS, Maria Betania Hermenegildo dos. O Ensino de Química em uma Perspectiva Inclusiva: proposta de adaptação curricular para o ensino da evolução dos modelos atômicos. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, n. 12, p. 568-587, 2018.

MARTINS, Onilza Borges; MOSER, Alvino. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Revista Intersaberes**, v. 7, n. 13, p. 8-28, 2012.

MELO, Marlene Rios; NETO, Edmilson Gomes de Lima. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MINAS GERAIS, Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2025.

PEREIRA, Alexsandro Pereira de; OSTERMANN, Fernanda. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 23-39, 2012.

PEROVANO, Laís Perpetuo; PONTARA, Amanda Bobbio; MENDES, Ana Nery Furlan. Dominó inorgânico: uma forma inclusiva e lúdica para ensino de química. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 37-50, 2017.

PIMENTEL, Andréia Guerra; ARAGON, Glaucia Torres. Jogos pedagógicos e a interação entre estudantes deficientes visuais e videntes. **RevistAleph**, n. 30, p. 254-269, 2018.

PRADO, Letícia do; TRENTIN, Lucas de Melo. História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Química: analisando dez anos de trabalhos acadêmicos e sua usabilidade no ensino básico. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 22, p. 3-28, 2020.

REIS, Amanda Beatriz Silva Quirgo dos; SILVA, Aires da Conceição; ALVES, Thiago Rodrigues de Sá; SENRA, Jaqueline Dias. Tabela SueQuímica: a tabela periódica de uma forma divertida e inclusiva para alunos com e sem deficiência visual. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 4, p. 639-647, 2024.

REZENDE, Felipe Augusto de Mello; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Análise Teórica e Epistemológica de Jogos para o Ensino de Química Publicados em Periódicos Científicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 747-774, 2019.

RODRIGUES, Rita de Cássia Balieiro; FURTADO, Wagner Wilson. Jogos teatrais no ensino de história da ciência: trabalhando com modelos atômicos em turmas do último ano do Ensino Fundamental. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. p. 1-12.

SANTIAGO, Mylene Cristina; SANTOS, Mônica Pereira dos. Planejamento de Estratégias para o Processo de Inclusão: desafios em questão. **Educação & Realidade**, v. 40, n. 2, p. 485-502, 2015.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Inclusão: Acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**, Ano XII, p. 10-16, 2009.

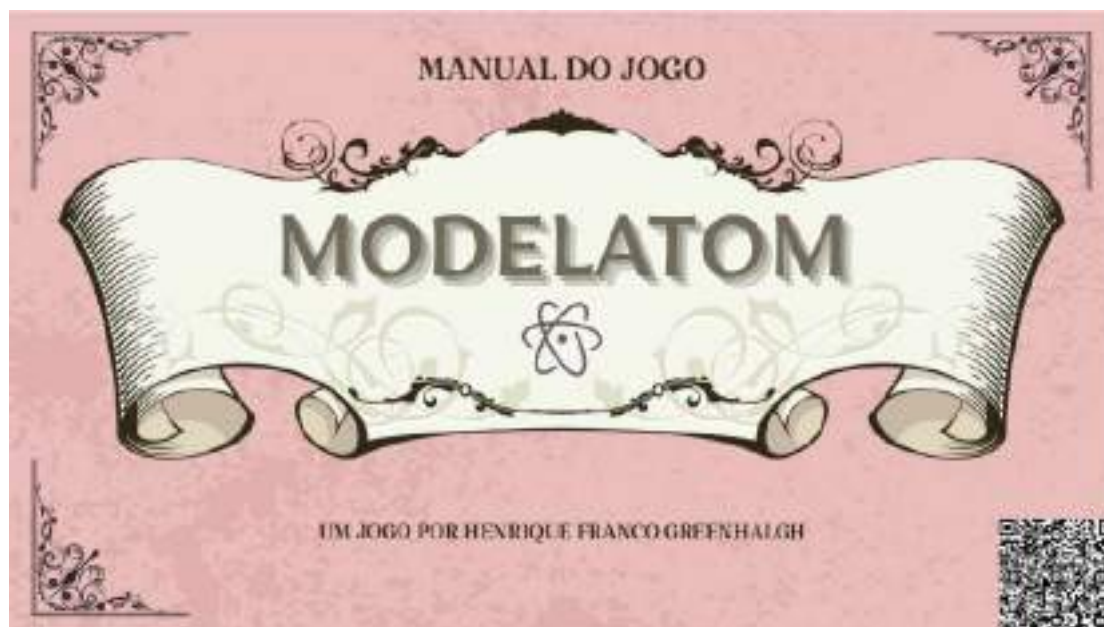
SILVA, Alyciah Rackele Gomes; PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares. O Ensino de Química para alunos com deficiência visual: Em foco os Modelos Atômicos. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 7, p. 1-20, 2023.

SILVA, Liliane Maria Vieira; CATÃO, Vinícius. Educação Inclusiva e o ensino de Ciências/Química: uma revisão bibliográfica sobre as produções inclusivas voltadas à estudantes cegos. **Revista Ponto de Vista**, v. 14, n. 1, p. 1-17, 2025.

SOLER, Miquel-Albert. **Didáctica multisensorial de las ciencias**: Un método inclusivo y transdisciplinar para alumnos ciegos, discapacitados visuales y, también, sin problemas de visión. 2. ed. Barcelona: Paidós, 1999.

WERTSCH, James V. Properties of Mediated action. *In: WERTSCH, James V. Mind as action*. New York: Oxford University Press, 1998. p. 23-72.

8. APÊNDICE A - MANUAL DO JOGO



OBJETIVO DO JOGO

Seu objetivo neste jogo é conseguir juntar a maior quantidade possível de pontos. Para isso, você e seus colaboradores científicos vão estudar e analisar durante três dias, coletando evidências de suas propriedades para determinar qual modelo de átomo será aceito pela comunidade científica. Aquilo que obtiver a maior quantidade de pontos ao final do terceiro dia será o vencedor. Agora que você conhece o seu desafio?

COMPONENTES

- 50 pontos de ação
- 70 peças de constituintes de átomos
- 100 marcadores numéricos
- 01 tabuleiro central
- 04 tabuleiros individuais
- 01 manual do jogador
- 01 manual de apoio ao professor



COMO JOGAR

Um jogo de 48,00h, um conjunto de 60 peças, 50 pontos de ação e 70 peças de constituintes de átomos. Os quatro jogadores devem colocar uma carta de ação de número de 1 a 4, como sobre cada uma das áreas vazias do tabuleiro central, com a face voltada para baixo.

Cada dia de trabalho consiste em várias rotinas, e a cada 30 segundos quando voltar ao jogo um jogador no momento.

A partir do jogador inicial seguindo no sentido horário, cada jogador, na sua vez, deve fazer **uma, e somente uma, das três seguintes ações:**

- **PESQUISAR** (Gerar e coletar um constituinte de átomos)
- **USAR UMA CARTA DE AÇÃO** (usando as cartas de resposta – ver apêndice ao fim do manual)
- **ENCERRAR A PESQUISA DO DIA** (jogar uma das três cartas posicionadas no tabuleiro central e sair do laboratório, mantendo suas peças livres e cartas de ação e acidentes pelo resto do dia de trabalho)

Se você escolher **PESQUISAR**, você pode gerar um constituinte do resíduo do átomo, analisar em sua sala o que recebeu, e colocá-lo em um dos espaços de análise em seu tabuleiro individual. Cada constituinte possui regras específicas que determinam quando será cada um dos constituintes que são:

- **PRÓTONS** - Partículas subatômicas de carga positiva e massa significativa, incorporadas em um modelo pela primeira vez no que chamamos de átomo de Rutherford.
- **ELETRONS** - Partículas subatômicas de carga negativa e massa desprezível, incorporadas em um modelo pela primeira vez no que chamamos de átomo de Thomson.
- **NEUTRONS** - Partículas subatômicas de carga nula e massa significativa, incorporadas em um modelo pela primeira vez no que chamamos de átomo de Rutherford.
- **ESPAÇOS VAZIOS** - Hoje sabemos que a maior parte de um átomo é vazio, mas os "espaços vazios" aqui citados não são de fato um constituinte do átomo, por isso mesmo, são meros detalhes no jogo apenas para fins didáticos e lúdicos.
- **INSTABILIDADES** - Um átomo pode se tornar instável por muitas razões, podendo se decompor em partes menores (ver página 06 "Acidentes de laboratório"). Apesar de "instabilidade" não ser um componente de um átomo, também foi incluído no jogo para fins didáticos e lúdicos.



Se na sua vez você escolher **USAR UMA CARTA DE AÇÃO**, você deve ditar aos demais jogadores qual carta está sendo utilizada no momento e qual efeito esta terá na sua carta de estatamento de sua mão assim que for utilizada, e não pode o uso de uma carta nesta partida.

As cartas de ação são divididas em dois tipos: **usa independente e defesa**.

As cartas de uso independente são aquelas que podem ser usadas em seu turno sem depender do uso de uma carta anterior, como por exemplo a carta "ELETRO".

As cartas de defesa são aquelas que funcionam como resposta a uma carta de ataque, podendo ser utilizadas fora de seu turno. Por exemplo, se um jogador usar a carta "ISSO NÃO É MEU" em você, você pode utilizar a carta "NÃO MEU" para se defender, mesmo que seu turno já tenha passado. Para uma descrição mais detalhada das cartas, consulte o apêndice anexo do manual.

Se você não quiser realizar nenhuma das duas opções apresentadas, você ainda pode optar por **ENCERRAR A PESQUISA DO DIA**. Quando você toma essa decisão, você automaticamente está fora da mesa de trabalho. Ou seja, você está fora dessa rodada até que a próxima se inicie, e os jogadores que ainda estiverem jogando devem lidar sua vez.

Mas você deve estar se perguntando "O que eu ganho com isso então?" Bem, muita coisa na verdade.

Quando você decide rodar por conta própria, você garante que todos os constituintes presentes na sua mesa de trabalho continuem com você, inclusive as cartas de ação de outros jogadores e o acionador. Além disso, você ganha ainda uma das cartas especiais no início da rodada de tabuleiro contra. Então se você pensar que ao invés de retirar uma "instabilidade" do reactor, você ainda ganha algo de mais, ou se for mais entediado, esta você se retirar para defender sua pesquisa do dia. Anos em sua participação nessa rodada serão por uma boa ideia.

Os últimos dos jogadores que ainda não tiveram um acidente na pesquisa ou se retiraram do laboratório por conta própria são obrigados a continuar jogando até que um deles acumule duas "instabilidades" e tenha um acidente na pesquisa, perdendo todos os constituintes presentes na mesa. O jogador restante paga para si a mesma carta voltada para baixo no tabuleiro central e encerra sua vida de pesquisa.

SUGESTÃO: O JOGADOR QUE CONSEGUIR FALAR A MAIOR QUANTIDADE DE ELEMENTOS DE UMA MESMA FAMÍLIA DA TABELA PERIÓDICA COMEÇA O JOGO.




ACIDENTES DE LABORATÓRIO

Um acidente de laboratório acontece quando um jogador acumula duas "instabilidades" em sua tabela de trabalho. Afinal, se seu sistema for muito instável, breves explosões podem ocorrer. E toda sua pesquisa do dia será perdida. Isso significa dizer que, se você tiver um acidente em sua pesquisa, você deve abandonar ao reactor todos os constituintes utilizados por você nessa vida de pesquisa, e você pode mesmo dessa vez não ter que uma nova partida, de forma que os demais jogadores devam lidar sua vez.

Apesar disso, por você ter sido forçado a abandonar seu laboratório nesse dia, uma das cartas com a face voltada para baixo no tabuleiro central será desativada.

Seu fôlego tranquilo, porque com o erro vem o aprendizado, e você agora sabe que deve ter mais cuidado em seus procedimentos e utilizar equipamentos de segurança individual (EPI) para que o acidente não ocorra novamente. Pelo seu atencioso redobrado, você poderá, em qualquer momento do jogo dessa rodada em diante, negar uma "instabilidade" que você coletar ou que algum companheiro coloque em sua pesquisa com alguma carta de ação negativa fora do seu turno. Basta avisar aos demais jogadores que você está aplicando esse efeito e você poderá desativar essa "instabilidade" de volta ao reactor. Esse efeito pode ser acumulado se você sofrer outro acidente antes de poder usá-lo.

Es é poder da experimental

ENCERRANDO A RODADA

Quando todos os jogadores tiverem encerrado seus turnos, seja por vontade própria ou por terem tido um acidente em pesquisa, a rodada é encerrada. Todos os jogadores que não sofreram acidente podem escolher manter dois dos constituintes coletados em sua tabela de trabalho. Os demais são devolvidos ao reactor para a próxima vida. De vez em quando, mais tarde ou por você, também são coletados no reactor os materiais necessários a acidentes ou cartas de ação. Essas cartas extras podem ser trocadas por novos dados no final de cada dia. Será o que o experimento neste jogo de "física de laboratório", por isso seu registro: você consegue repetir procedimentos com mais facilidade e obter resultados próximos.

COMEÇANDO UM NOVO DIA

No fim de uma rodada, o mercado de tempo deixa a vida de cada um concluída, dando início a um novo dia de descobertas. Os cientistas retornam para o laboratório, compram uma carta cada no mercado da compra e recebem novas cartas no tabuleiro central, em suas respectivas posições.

O jogador que tiver sido o último a sair do laboratório começa a nova rodada, seguindo em sentido horário.




APÊNDICE

Eureka!

Uma grande descoberta pode surgir a qualquer momento. Pegue cinco constituintes aleatórios do reator e troque um deles por algum outro que você possua. (Não é possível trocar por uma "instabilidade" de sua pesquisa). Devolva o restante ao reator.

Belo trabalho

A pesquisa de seu colega parece bem bacana, não acha? Escolha um adversário e roube dois constituintes de seu átomo.

Pesquisa? Que pesquisa?

Às vezes precisamos ter sigilo com nossas descobertas. Coloque esta carta ao lado da sua pesquisa e guarde um constituinte em cima dela. O constituinte guardado é imune a cartas de ação e acidentes, mas esta carta depois de usada é perdida ao fim do dia.



APÊNDICE

Quanto investimento!

Financiamento pode ajudar muito uma pesquisa. Pegue três constituintes do reator de uma vez. Se algum deles for uma "instabilidade", devolva somente ele.

Me faz um favor?

Muitas pesquisas acontecem em laboratórios conjuntos, e a cooperação faz parte do processo. Escolha um adversário para pegar dois constituintes aleatórios no reator. Se você quiser, Pegue um deles para você e deixe o outro com ele. Se o adversário pegar duas instabilidades, devolva uma ao reator e deixe a outra com ele.

Cortei sua verba

Um corte repentino de financiamento prejudica bastante um pesquisador. Todos os adversários que ainda estão no laboratório devolvem um constituinte aleatório para o reator, com exceção de você. O constituinte a ser devolvido é sorteado dentre os constituintes que o portador desta carta possui.



APÊNDICE

Isso não é meu!

Um cientista com inveja pode querer prejudicar seu trabalho em benefício próprio. Passe uma "instabilidade" do seu átomo para o átomo de um adversário qualquer que ainda esteja trabalhando.

Posso ver sua pesquisa?

Cientistas também falam de seus trabalhos uns com os outros e trocam ideias entre si, como em congressos científicos. Troque um de seus constituintes por outro constituinte do átomo de um adversário qualquer que ainda esteja no laboratório. Não é possível trocar uma "instabilidade" nessa ação.

Nem meu! (Carta resposta a: Isso não é meu!)

Você sabe que existem pesquisadores em quem não se pode confiar muito. Se alguém tentar te passar uma "instabilidade", jogue esta carta para entregá-la a outro jogador que não seja o portador inicial. Se não houver ninguém para receber a "instabilidade", retorne-a ao reator.



APÊNDICE

E é todo meu! (Carta resposta a: Belo trabalho)

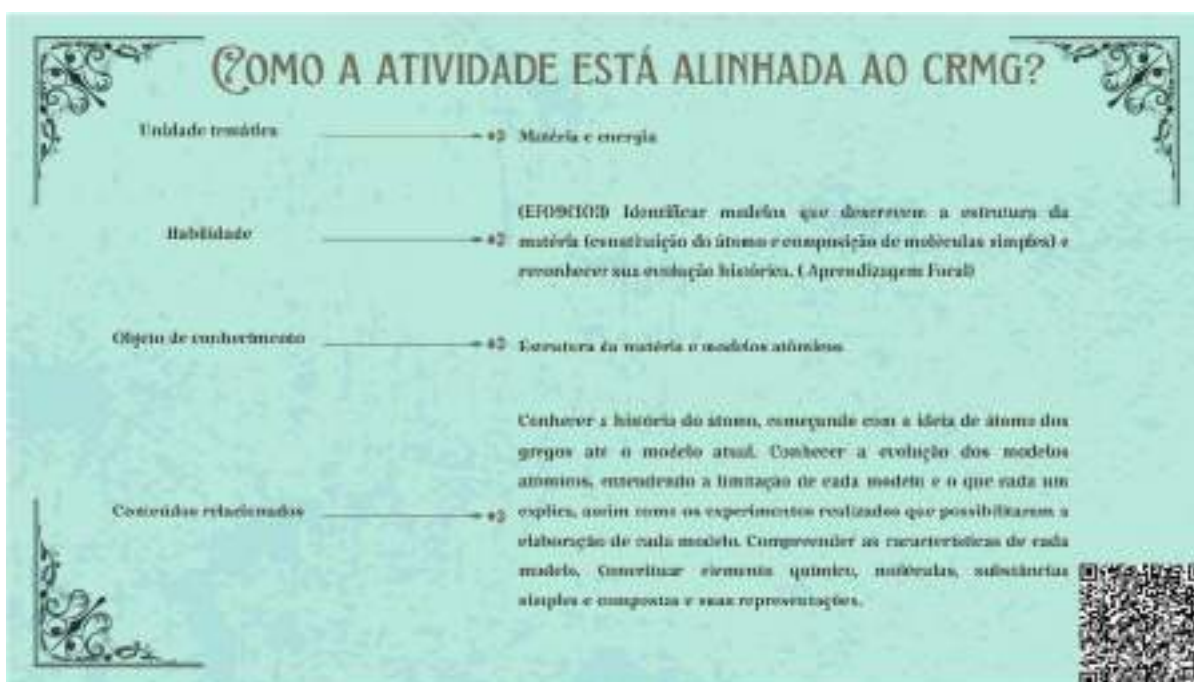
Você já sabe que existem pessoas que querem plagiar sua pesquisa, então tome as devidas precauções. Se um adversário tentar roubar um constituinte do seu átomo, jogue esta carta e cancele a ação dele. Se ele tiver algum constituinte que não seja uma "instabilidade", você pode escolher um deles para roubar.

Estou ocupado (Carta resposta a: Me faz um favor?)

Nem sempre estamos disponíveis para uma colaboração, e precisamos focar em nossa própria pesquisa. Se um adversário te pedir para pegar dois constituintes na vez dele, jogue esta carta para não pegar nada.



9. APÊNDICE B - MATERIAL DO PROFESSOR



COMO A ATIVIDADE ESTÁ ALINHADA AO CRMG?

Unidade temática



Vida, Terra e Cosmos

Competência



Competência específica 02 - Constrói e utiliza interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Habilidade



CEMISUNT200: Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostas em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

Objeto de conhecimento/Conteúdos selecionados



Modelos atômicos: evolução dos modelos atômicos, modelo atômico atual, dualidade onda-matéria, princípios quânticos.



PARA QUEM SE DESTINA O JOGO?

O jogo em questão foi originalmente pensado para turmas de primeiros anos do ensino médio regular e EJA, por estar alinhado à temática de modelos atômicos que é rotineiramente estudada nesse período. Entretanto, o jogo pode funcionar muito bem como uma revisão de conceitos base sobre a teoria atômica, podendo ser utilizado em turmas posteriores. Ele também permite iniciar a discussão sobre outros conteúdos, como a elaboração de modelos científicos e a importância do registro escrito em um laboratório.



QUANTIDADE DE AULAS SUGERIDA

Sugere-se a utilização de no menos três aulas nesta sequência didática. Uma para a preparação da turma, uma para a aplicação do jogo, e uma para a discussão sobre o jogo. Com relação a que etapa do ensino da teoria atômica a proposta se encaixa, pode-se utilizá-la tanto como um início, quanto um fechamento do conteúdo. Por se tratar de um jogo que discute superficialmente aspectos bem simples de cada modelo, o material proposto pode servir para introduzir cada um deles, bem como para prover uma revisão. Cabe ao mediador a decisão de como melhor utilizar este recurso.



QUAL A FASE DE ENSINO?

Segundo a classificação de Aguiar (2005), a quarta fase de ensino (reflexão sobre o que foi aprendido) é a que mais se adota no jogo proposto, pois além de promover a sistematização de conceitos já vistos sobre a teoria atômica, permite a conexão entre este conteúdo e outros tópicos, como noções gerais sobre a tabela periódica e a construção de modelos científicos.



QUAL O PAPEL DO MEDIADOR?

Muitos caminhos podem ser tomados a partir da aplicação deste recurso, o que pode levar a diferentes tópicos de ensino. Entretanto, o papel do professor avaliar quais desses caminhos são válidos de serem adotados dentro de seu contexto, e reconhecer também que, assim como qualquer outra ferramenta cultural, o jogo promoverá facilitadores e limitadores a cada um desses caminhos (Wertsch, 1998). Por exemplo, se o foco do professor for em revisar conteúdos já ensinados sobre modelos atômicos, então a representação visual dos modelos em duas dimensões, ou até mesmo as mecânicas do jogo, podem não ser favoráveis se o professor não fizer as considerações necessárias sobre ambos. Se o foco estiver em estabelecer uma ponte entre a teoria atômica e o conceito de isótopos, então o professor passará a depender da coincidência de dois estudantes produzirem dois isótopos de um mesmo elemento em uma mesma partida.



Essas limitações não devem ser encaradas como um impedimento para a escolha de um caminho ou outro, pois elas sempre vão existir independentemente de qual recurso for utilizado para tal tarefa. Desde que o professor as reconheça e as explique aos seus estudantes, qualquer orientação tomada pode ser proveitosa. Afinal, assim como os modelos científicos (que, aliás, também são ferramentas culturais) têm limitações, o jogo proposto também as possui, e entender isso constitui para a compreensão do papel desses recursos no ensino.

ALGUMAS POSSIBILIDADES DE DIRECIONAMENTO

- Natureza da ciência
- Importância do experimento
- Construção de modelos científicos
- Introdução à tabela periódica
- Necessidade de equipamentos de segurança individual
- Revolução da teoria atômica
- História e Filosofia da Ciência

NATUREZA DA CIÊNCIA

Muitos elementos do jogo contribuem para um foco nessa perspectiva. As cartas de ação, por exemplo, abrem a possibilidade de discussão sobre a importância do investimento para a continuidade das pesquisas, sobre o perigo de plágio e roubo de propriedade intelectual, sobre os benefícios do trabalho em equipe, sobre sabotagem e sobre processos de descoberta científica. As mecânicas do jogo também promovem tópicos interessantes como o papel da sorte em uma descoberta e como a ordem dos jogadores influencia nos resultados. A própria conduta dos jogadores é possível de ser discutida, já que uns podem tentar prejudicar outros para ter um melhor resultado, ainda que o objetivo de todas eles enquanto cientistas seja contribuir para o avanço científico. Cada partida aponta para uma possibilidade distinta, e cabe ao professor o papel de promover essas discussões e conduzi-las de forma respeitosa.



NECESSIDADE DE EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA INDIVIDUAL

Apesar de o jogo ter suas próprias regras já definidas, nada impede que o professor, em conjunto com a turma, promova alterações sobre para adaptá-lo a uma determinada finalidade. Por exemplo, se o objetivo for atender as necessidades para a necessidade de se utilizar EPIs e EPCs, pode-se combinar com a turma a inserção de uma nova carta: A carta EPI. Esta carta exerce a mesma função que a regra já existente no jogo, mas o professor pode anexar a ela uma breve descrição e imagem de determinados EPIs e EPCs, para que os jogadores se familiarizem com seus nomes e finalidades. Cada carta desusa que não for utilizada pode fornecer uma determinada quantidade de pontos, e cada tipo de equipamento pode ter sua própria regra especial, como devolver a instabilidade ao jogador que tentou passá-la a você, em vez de apenas jogá-la. Com criatividade e direcionamento, muitas possibilidades se tornam viáveis.

IMPORTÂNCIA DO REGISTRO

Se o objetivo for atender os estudantes para a importância de se manter um registro das práticas realizadas em laboratório, pode-se focar em uma regra no caderno de laboratório. Esta regra permite que cada jogador mantenha algumas peças coletadas de um dia para o outro, até um número máximo (recomenda-se dois, para manter o jogo equilibrado). Essas peças ficam registradas, portanto, no caderno do laboratório, e mesmo que o jogador tome seu último instante em uma rodada e perca todas as peças coletadas no dia, as que foram registradas no caderno são "imunes", e podem permanecer em seu tabuleiro mesmo assim. Dessa forma, o jogador ainda consegue tirar proveito de seu dia de trabalho ainda que tudo tenha sido errado, pois ele registrou o que o levou até esse ponto, tornando-o mais cuidadoso.



REVERSÃO DA TEORIA ATÔMICA

Sendo essa a temática que dá sentido ao jogo, é natural que isso seja um caminho a ser considerado. As próprias regras individuais de cada personagem do jogo estão relacionadas aos modelos de cada um, para promover a compreensão do conteúdo. Por exemplo, Dalton e Thomson são penalizados por cada espaço vazio coletado por eles, pois nenhum dos dois modelos concebia a existência de espaços vazios dentro do átomo e portanto não eram capazes de explicar sua existência, prevendo então ser reformulados o que deu origem ao átomo de Rutherford. Thomson recebe o dobro de pontos por cada elétron por ter sido responsável pela sua descoberta, mas perde pontos a cada acidente, já que uma esfera positiva incrustada com cargas negativas não é algo muito estável. Porém, se seu átomo for neutro, recebe uma pontuação generosa. Dalton recebe uma grande quantidade de pontos se seu átomo tiver a mesma quantidade de espaços vazios, uma vez que seu modelo descrevia apenas uma esfera maciça. Por essa mesma razão, somente ao par de prótons e elétrons é pontuado para esse cientista, pois os dois juntos resultam em uma carga nula, estando apenas a massa do próton. Rutherford recebe pontos se seu átomo for o que tiver maior número atômico, pois é a partir do modelo dele que os prótons passaram a ser incorporados na estrutura do átomo. Além disso, ele tem uma maior resistência às "instabilidades", pois seus experimentos envolveram uso de radiação alfa. Por fim, Bohr recebe pontos por cada nível eletrônico ocupado, já que foi ele quem primeiro concebeu a existência de níveis eletrônicos de energia quantizada.

Tudo foi pensado considerando as especificidades de cada modelo, e todas essas considerações podem ser revividas pelo professor caso essa seja sua intenção principal.



CONSTRUÇÃO DE MODELOS CIENTÍFICOS

Esta diretriz está associada à anterior, uma vez que as regras de pontuação específicas foram planejadas especificamente para cada modelo. Aqui, é interessante que o professor ressalte aos estudantes que o átomo sempre foi o mesmo, desde Leucipo e Demócrito até os dias atuais. O que mudou, na verdade, foi a nossa compreensão da realidade à medida que novos fenômenos foram sendo observados. Portanto, cada personagem está analisando o mesmo átomo durante o jogo, a questão é que cada um só é capaz de explicá-lo de uma determinada maneira pois está inserido em seu próprio contexto e época, no qual certas informações ainda não tinham sido descobertas. Assim, faz sentido que Dalton e Thomson percam ponto a cada espaço vazio, já que essa é uma propriedade do átomo que nenhum dos dois conhecia, e na disputa do jogo por qual modelo será aceito pela comunidade científica como o mais completo, seus modelos perdem credibilidade em virtude disso.

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Este direcionamento também está associado aos dois anteriores, uma vez que para entendimento da construção de modelos científicos, os estudantes devem entender que não houve uma substituição instantânea de um modelo por outro. Foi necessário intenso debate para que um modelo fosse aceito, e a forma com que a comunidade científica de cada época pensava foi vital nessa disputa. Da mesma forma, o jogo abre caminho para que o professor discuta a razão pela qual apenas homens, brancos, europeus, heterossexuais e de classe social privilegiada detêm a maior parte do crédito pelas inovações científicas, ainda que não tenham sido verdadeiramente os autores de todas essas inovações e tenham contribuído para o apagamento dos verdadeiros autores.



INTRODUÇÃO À TABELA PERIÓDICA

Este direcionamento é mais notável ao fim do jogo, quando cada jogador identifica as partículas constituintes de seus átomos. O professor pode solicitar que os estudantes caracterizem cada átomo em função de seu número de prótons, de nêutrons e/ou elétrons, abrindo espaço para a introdução de conceitos tais quais número atômico, massa atômica, número de períodos eletrônicos, famílias ou grupos da tabela periódica, isótopos, isóbaros, isótonos, isoeletrônicos, íons, cátions, ânions, afinidade eletrônica, carga nuclear efetiva, eletronegatividade, energia de ionização, raio atômico, radiação em função da proporção prótons/nêutrons, elemento químico, distribuição eletrônica, orbital e valência. Todas essas propriedades possuem alguma relação com a quantidade das partículas que compõem o átomo, e podem ser introduzidas a partir da aplicação do jogo proposto.

SOBRE O MANUAL DO JOGO

Independente de qual caminho vá ser escolhido pelo professor, convém realizar com os estudantes uma leitura mediada do manual do jogo. Não apenas para que possíveis dúvidas sobre as regras do jogo sejam respondidas, mas também para alguns desses caminhos poderem ser trabalhados desde um primeiro momento. Por exemplo, ao ler o texto introdutório "ÁTOMOS E PINGUINS", o professor pode dar maior ênfase nas partes que julgar mais importante, como no trecho "O átomo sempre foi o mesmo, mas cada um dos cientistas só tinha acesso a uma quantidade limitada de informações sobre ele, fazendo com que diferentes propostas surjam." Neste ponto o professor pode fazer uma pausa na leitura e iniciar uma breve discussão sobre essa frase em específica, para investigar o quanto sabem sobre essa possibilidade. O mesmo pode ser dito sobre todas as outras partes do manual, como a descrição das regras do acidente, do caderno de laboratório, das cartas de ação, das imagens utilizadas, etc..



AGORA É A HORA DE JOGAR, ENTÃO DIVIRTA-SE!



8 NÃO SE ESQUEÇA: O JOGO (A FERRAMENTA CULTURAL) POR SI SÓ NÃO LEVA A NENHUM DESSES DIRECIONAMENTOS, MAS SIM SUA APLICAÇÃO EM CONJUNTO COM A INTENCIONALIDADE DO PROFESSOR (O AGENTE DA AÇÃO)



AGUIAR JR, Orlando Gomes de. Projeto de Desenvolvimento Profissional de Educadores. **Módulo II: O planejamento do ensino**. 2005.
WERTSCH, James V. Properties of Mediated action. In: WERTSCH, James V. **Mind as action**. New York, Oxford University Press, 1988. p. 33-72.



10. APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) aos voluntários da pesquisa

Prezado participante,

Estamos realizando uma pesquisa que visa propor um jogo como recurso didático inclusivo para ensino da teoria atômica, com participação de Henrique Franco Greenhalgh, estudante de graduação em química licenciatura do departamento de química da UFMG. A pesquisa será realizada apenas com o seu consentimento e de todos que participarão dela. A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador principal que também assume os riscos e danos que porventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com as pessoas em sua companhia, durante o processo. As atividades de pesquisa ocorrerão durante encontros presenciais de uma hora e a sua participação ocorrerá por meio do envolvimento na validação dos recursos propostos. Haverá o desenvolvimento de coleta e análise de dados para o trabalho de conclusão de curso do pesquisador. Dessa forma, as atividades da pesquisa envolverão a observação e a análise dos comentários realizados durante os encontros, que serão registrados via gravação de áudio.

O pesquisador elaborou um jogo de tabuleiro sobre a temática de modelos atômicos que visa incorporar recursos acessíveis para inclusão de pessoas com deficiência visual. Ele irá analisar o sucesso das tecnologias assistivas adotadas a partir de dados obtidos nos dois encontros previstos para constituir uma versão final do texto.

Entende-se que a reflexão sobre a elaboração de modelos científicos precisa ser oportunizada de forma a permitir uma compreensão de que as teorias atualmente aceitas pela comunidade científica não estão engessadas e podem ser modificadas a qualquer momento, demonstrando a importância de uma alfabetização científica na sociedade. Considerando essa possibilidade, propomos elaborar um jogo inclusivo para pessoas com deficiência visual que aborde essa temática dentro do âmbito da teoria atômica, e que contenha um manual de instruções e um material de apoio ao professor que ofereçam possibilidades de se iniciar essa temática.

Rubrica do pesquisador _____

Rubrica do participante _____

A análise de suas respostas escritas será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. As respostas registradas farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte. Entretanto, para outras pesquisas serão necessários outros TCLE's.

Todos os dados obtidos serão arquivados na sala da professora orientadora desta pesquisa, Doutora Nilma Soares da Silva, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação situada à Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade da pesquisadora.

Em qualquer momento, o(a) Sr. (Sra.) poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise de dados com o graduando Henrique Franco Greenhalgh por meio do e-mail henriquefranco55@gmail.com e/ou com a coordenadora da pesquisa Nilma Soares da Silva através do e-mail nilmafaeufmg@gmail.com.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém o pesquisador estará atento e disposto a minimizar ao máximo esses riscos e desconfortos durante a avaliação, garantindo a você liberdade para não participar de determinadas discussões ou responder questões que lhe pareçam constrangedoras.

Entendemos ainda que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la. Os registros farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, sendo necessárias novas autorizações dos participantes em caso de novas pesquisas. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada.

Os participantes desta pesquisa estão assegurados quanto a eventuais danos decorrentes de sua participação, tendo direito a indenização, caso necessário.

Rubrica do pesquisador _____

Rubrica do participante _____

Sentindo-se esclarecido(a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Maior (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Agradecemos desde já sua colaboração.

Henrique Franco Greenhalgh (Graduando) henriquefranco55@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)
nilmafaeufmg@gmail.com

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos.

() Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do participante: _____

Assinatura do participante: _____

Belo Horizonte _____ de _____ de 2025